



Tavole Rotonde sui maggiori problemi
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia
Sotto gli auspici del MIPAAF

XXIV. SALUTE DEGLI ALVEARI E CONTROLLO DELLE COCCINIGLIE INVASIVE: L'EVOLUZIONE DELLA RICERCA ENTOMOLOGICA



Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LXI - 2013



Tavole Rotonde sui maggiori problemi
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia
Sotto gli auspici del MIPAAF

XXIV.

**SALUTE DEGLI ALVEARI E CONTROLLO
DELLE COCCINIGLIE INVASIVE:
L'EVOLUZIONE DELLA RICERCA ENTOMOLOGICA**

Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LXI - 2013

© 2014 Accademia Nazionale Italiana di Entomologia
50125 Firenze - Via Lanciola 12/a

ISBN 978-88-96493-10-6

PRESENTAZIONE

Il tema affrontato nelle due Giornate scientifiche organizzate dall'Accademia sono di grande attualità data la indiscussa importanza che l'ape e gli impollinatori selvatici in genere rivestono negli ecosistemi naturali ed agrari; è forse banale ricordare che l'impollinazione di molte piante è affidata a questi utili insetti. L'ape ha certamente attratto da sempre l'interesse di molti ricercatori, sia dal punto di vista del loro comportamento, che da quello pratico applicativo. E questo interesse si è accresciuto in questi ultimi anni per varie ragioni legate al collasso delle colonie a causa della presenza di ectoparassiti quali l'acaro Varroa destructor e il microsporidio endoparassita Nosema sp. È stato accertato di recente che V. destructor può destabilizzare il delicato equilibrio stabilito fra il Deformed Wing Virus (DWV) e il sistema immunitario dell'ape, con gravi conseguenze per l'insetto. Questi temi sono di particolare importanza e i diversi interventi che si sono susseguiti nel corso della giornata hanno il preciso scopo di fornire un quadro completo e corretto dello stato delle ricerche sull'argomento.

Di non minore importanza è la difesa delle piante

fruttifere coltivate ed ornamentali dalle cocciniglie invasive. Fra questi Emitteri sono da ricordare, per i danni arrecati, Psedococcus comstocki, Parthenolecanium corni, Planococcus ficus, P. citri e Neopulvinaria innumerabilis. Queste specie provocano sia un danno diretto sottraendo linfa alle piante, che un danno indiretto essendo vettori di virus; alcuni di essi, inoltre, favoriscono la diffusione di Aspergillus nelle coltivazioni viticole.

Lo studio delle problematiche legate alla diffusione delle cocciniglie nel nostro Paese e al loro controllo è all'attenzione degli operatori del settore. L'individuazione di parassitoidi, quali Anagyrus pseudococci, Leptomastix dactylopii e Clausenia purpurea, di feromoni e di funghi entomopatogeni in grado di interferire con la biologia di questi parassiti, rappresenta un utile strumento di contenimento, in particolare se associato alla utilizzazione di pesticidi compatibili con lo sviluppo e l'attività di questi organismi.

ROMANO DALLAI

Presidente Accademia Nazionale Italiana di Entomologia

INDICE

Tavola Rotonda su:

SALUTE DEGLI APOIDEI: DAI GENI ALLA COLONIA

FRANCO FRILLI, FRANCESCO PENNACCHIO – <i>Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia - Introduzione</i>	Pag. 63
RITA CERVO, STEFANO TURILLAZZI – <i>Salute e difesa negli insetti sociali</i>	» 65
IGNAZIO FLORIS, ALBERTO SATTA – <i>Il collasso delle colonie e l'apicoltura oggi</i>	» 69
AULO MANINO, MARCO PORPORATO – <i>Api selvatiche: importanza e problematiche</i>	» 73
FRANCESCO NAZZI, FRANCESCO PENNACCHIO – <i>Agenti di stress e collasso delle colonie d'api</i>	» 77
RINALDO NICOLI ALDINI – <i>Relazioni tra microrganismi e Apoidei (Hymenoptera Apoidea)</i>	» 83

Tavola Rotonda su:

LE COCCINIGLIE DELLE PIANTE COLTIVATE:

NUOVE ACQUISIZIONI E POSSIBILI STRATEGIE DI CONTROLLO

ZVI MENDEL, HOFIT KOL-MAIMON, MURAD GANIM, JOSÉ CARLOS FRANCO, ELSA BORGES DA SILVA, POMPEO SUMA – <i>Integration of mealybug sex pheromones in management strategies: reproductive biology studies and applied research</i>	» 93
POMPEO SUMA, AGATINO RUSSO, JOSÉ CARLOS FRANCO, ZVI MENDEL – <i>L'impiego dei semiochimici di sintesi nei programmi di controllo integrato delle cocciniglie degli agrumi</i>	» 97
CARLO DUSO – <i>Problems with scale insects in vineyards</i>	» 103
FRANCESCO PORCELLI – <i>Distribuzione e significato della simbiosi fra Diaspididae (Rhynchota Coccoidea) e Septobasidium (funghi)</i>	» 105
GIUSEPPINA PELLIZZARI, NICOLA MORI – <i>Pseudococcus comstocki (Kuwana) su fruttiferi e ornamentali nell'Italia nord-orientale e in altri Paesi europei</i>	» 113
GAETANA MAZZEO, SANTI LONGO, GIUSEPPINA PELLIZZARI, FRANCESCO PORCELLI, AGATINO RUSSO – <i>Le cocciniglie esotiche delle ornamentali recentemente introdotte in Italia e in Europa</i>	» 123

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE 15 FEBBRAIO 2013

Tavola Rotonda su:

SALUTE DEGLI APOIDEI: DAI GENI ALLA COLONIA

Coordinatori:

FRANCO FRILLI e FRANCESCO PENNACCHIO, Accademici

SALUTE DEGLI APOIDEI: DAI GENI ALLA COLONIA

INTRODUZIONE

FRANCO FRILLI (*) - FRANCESCO PENNACCHIO (**)

(*) *Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli studi di Udine, via della Scienze 206, 33100 Udine, Italy.*

(**) *Dipartimento di Agraria - BiPAF, Laboratorio di Entomologia "E. Tremblay", Università degli Studi di Napoli "Federico II", via Università 100, 80055 Portici (Napoli), Italy.*

Introduzione alla Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

L'ape e gli impollinatori selvatici rivestono un ruolo fondamentale negli ecosistemi naturali e agrari, in quanto contribuiscono alla riproduzione di molte piante. Pertanto, una parte significativa dell'alimentazione umana, e più in generale animale, dipende dall'attività di questi insetti pronubi.

L'ape ha sempre attratto l'interesse degli studiosi, sia per la sua grande importanza economica che per la stupefacente ricchezza di spunti che offre in campi scientifici quanto mai diversi. Ciò ha promosso studi sia di natura applicata sia di base, facendo di questo insetto un nuovo sistema modello.

Negli ultimi anni si è assistito a imponenti perdite di alveari determinate da varie cause, princi-

palmente di natura parassitaria, anche se ulteriori fattori di stress sembrano potere contribuire all'aggravamento dello stato di salute degli alveari. Il quadro complessivo che emerge dalla letteratura scientifica in continua crescita non consente ancora di definire in modo certo l'eziologia del collasso delle colonie, dal momento che questo fenomeno complesso non è riconducibile ad un'unica causa. Tuttavia, alcune recenti acquisizioni hanno fatto luce su dettagli funzionali e molecolari che aprono nuove prospettive di indagine scientifica.

La Tavola Rotonda cerca di fare il punto su questo argomento, toccando anche diversi aspetti ad esso correlati.

SALUTE E DIFESA NEGLI INSETTI SOCIALI

RITA CERVO (*) - STEFANO TURILLAZZI (*)

(*) Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Firenze, via Madonna del Piano, 6 - 50019 Sesto Fiorentino (Firenze); rita.cervo@unifi.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

Health and defence in social insects

The colonies of social insects have to face the problem of disease transmission among colony members, linked to group life and sociality. In fact, group living can potentially increases infectious diseases due to high individuals density and continuous physical social contacts among colony members. However, social insects are able to resist disease spreading as they have evolved novel collective defenses against parasites and pathogens, that sum their effects to individual defenses of single colony member. This, so called, 'social immunity' results from the cooperation of the individual group members to combat the increased risk of infection and consists of physiological, behavioral and organizational adaptations at colony level. Here, we review the principal and more common collective defensive strategies known in *Apis mellifera*.

KEY WORDS: *Apis mellifera*, social immunity, collective defense.

Le colonie degli insetti sociali, come altre società animali, devono fronteggiare il problema dell'alto rischio di trasmissione di malattie tra i membri del gruppo. Questo rischio è principalmente dovuto all'elevata densità di individui nella colonia (che in certe specie raggiunge i milioni di insetti), alle strette e frequenti interazioni che intercorrono tra i membri del gruppo ma, anche, alla ridotta variabilità genetica intra-coloniale che rende gli individui più suscettibili alle medesime infezioni (SCHMID-HEMPEL, 1998; HUGHES & BOOMSMA, 2004). Inoltre, all'interno di un nido di insetti sociali vengono mantenute delle condizioni ambientali molto ben controllate che possono facilitare il proliferare di malattie. I patogeni e i parassiti che attaccano le colonie di insetti sono numerosissimi e comprendono virus, batteri, funghi, acari e altri artropodi; per l'*Apis mellifera*, un insetto sociale di interesse economico, molti di questi patogeni sono stati identificati e la loro azione è per lo più nota (EVANS & SPIVAK, 2010; ARBIA & BABBY, 2011). Gli insetti sociali, come tutti gli altri insetti, presentano una barriera fisica (la cuticola esterna che riveste tutto il corpo dell'insetto così come le parti boccali e il tratto digerente) e un sistema immunitario innato che difendono il singolo individuo contro varie patologie. Il sistema immunitario individuale è molto ben conservato a livello molecolare tra specie diverse di insetti (MAGOR & MAGOR, 2001) tuttavia in *Apis mellifera* i geni associati a funzioni immunologiche risultano essere circa un terzo di quelli presenti in insetti solitari (EVANS

et al., 2006). Questo suggerisce che l'ape, come altri insetti sociali, basi la sua immunità non solo su difese fisiche e fisiologiche a livello individuale ma che compensi la mancanza di geni che codificano per funzioni immunitarie con meccanismi di difesa legati alla socialità (WILSON- RICH *et al.*, 2009). Infatti, nonostante ci siano condizioni ideali per lo sviluppo di epidemie, queste avvengono raramente nelle colonie di insetti sociali, poiché essi hanno evoluto la capacità di attuare difese collettive contro parassiti e patogeni, difese che si sommano ai sistemi di difesa individuale dei singoli membri del gruppo. Il comportamento cooperativo e altruistico che è alla base della socialità e dell'enorme successo ecologico degli insetti sociali svolge anche un ruolo fondamentale nel ridurre sia l'ingresso di patogeni nella colonia che la trasmissione di malattie tra i suoi membri. Quindi nelle specie sociali troviamo delle difese non-immunologiche a livello coloniale capaci di limitare la trasmissione di patologie e ridurre l'intensità dell'infezioni. Questa "immunità sociale", come è stata definita da CREMER e collaboratori nel 2007, comprende specifici tratti comportamenti e difese fisiologiche (produzione di sostanze antibiotiche), la modulazione della frequenza di certe interazioni dopo l'esposizione a patogeni e, infine, la modificazione dell'ambiente interno al nido.

Per quanto riguarda il genere *Apis*, numerosi studi hanno descritto i meccanismi che regolano la trasmissione di malattie a livello collettivo (per una sintesi vedi EVANS & SPIVAK, 2009). Una delle

principali e più comuni difese collettive della colonia nei confronti di organismi patogeni è rappresentata dall'uso di secrezioni antibiotiche che vengono prodotte dai membri della colonia o raccolte dall'ambiente circostante (SADD & SCHMID-HEMPEL, 2006). E' noto che le foraggiatrici di *A. mellifera* raccolgono dalle piante resine che hanno potere antimicrobico (propoli) (LAVIE, 1968) e le incorporano in strutture del nido (SEELEY & MORSE, 1976). E' stato dimostrato che colonie al cui nido sono stati aggiunti sperimentalmente propoli mostrano una diminuzione dell'intensità dell'infezione da parte del fungo *Ascophaera apis* (patologia nota come covata calcificata) (SIMONE-FINSTROM & SPIVAK, 2012). Questo utilizzo dei propoli permette quindi una riduzione del carico del patogeno a livello coloniale limitando la necessità di un'attivazione costante della risposta immunitaria dei singoli membri della società che impone costi in termini di "fitness" alla colonia (SIMONE *et al.*, 2009). Quindi la raccolta dei propoli e il loro utilizzo all'interno della colonia porta benefici sia al singolo individuo che allo sviluppo coloniale. A tale proposito, un recente studio (SIMONE-FINSTROM & SPIVAK, 2012) ha mostrato che le colonie di api sono capaci di auto-medicazione poiché in grado di rispondere a infezioni del fungo sopraindicato aumentando il tasso di foraggiamento di propoli da utilizzare all'interno della colonia. Sebbene l'auto-medicazione, definita come la risposta individuale a infezioni con l'ingestione di composti non nutritivi o materiali vegetali, sia riportata per numerose specie, il caso dell'ape è unico poiché rappresenta il primo esempio di auto-medicazione a livello di gruppo.

Il veleno stesso rappresenta un'altra sostanza capace di limitare, potenzialmente, l'attacco di patogeni alle colonie. Mentre la funzione antimicrobica ed insetticida di alcune componenti del veleno è ben nota in alcune formiche (JOUVENAZ *et al.*, 1972; ORIVEL *et al.*, 2001) e vespe sociali (vedi TURILLAZZI *et al.*, 2006) solo recentemente si è iniziato a studiarla in *Apis*. BARACCHI & TURILLAZZI (2010) e BARACCHI *et al.* (2011) hanno dimostrato che la melittina, che costituisce circa il 50% del veleno di *Apis*, può costituire una difesa nei confronti di patogeni sia a livello individuale, con l'applicazione del veleno sul corpo da parte delle singole api, che a livello sociale se questo viene applicato sul substrato del nido.

Altra modificazione dell'ambiente coloniale di cui le api sono capaci per contrastare l'attacco di patogeni è ciò che viene chiamata "febbre coloniale". Le api, come altri insetti sociali, sono abili nel termoregolare l'ambiente interno al nido: scaldando/raffreddando e ventilando mantengono la temperatura

ideale per lo sviluppo della covata (33-36°C) e smorzano quando necessario anche le fluttuazioni di umidità (SHEELY, 1985). E' stato dimostrato che questa abilità viene utilizzata anche per contrastare particolari patogeni che sono termo-sensibili: la "febbre" dei favi di covata è stata registrata in risposta a infezioni da *Ascophaera apis* prevenendo così lo sviluppo della malattia (STARKS *et al.*, 2000).

Anche l'eliminazione di adulti morti o di rifiuti dal nido, comportamento assai pronunciato nelle formiche (DIEZ *et al.*, 2012) ma ben presente anche nelle api (VISSCHER, 1983), limitando il contatto tra potenziali fonti di patologie e i membri della colonia, rappresenta una chiara forma di immunità sociale. BARACCHI e collaboratori (2012) hanno recentemente dimostrato che le api riescono a riconoscere e rimuovere conspecifici affetti dal virus dalle ali-deformi indicando che le differenze nella miscela di idrocarburi che ricopre la cuticola di individui malati rispetto ad individui sani sono probabilmente responsabili di questo trattamento differenziale.

Ma una prevenzione ancora più efficace nel ridurre le possibilità di contatto tra individui malati e individui sani è quella di limitare o, meglio, di impedire l'ingresso a individui portatori di malattie. Uno studio condotto dal nostro gruppo di ricerca (CAPPA *et al.*, in prep.) ha dimostrato che le api guardiane riescono a percepire se api bottinatrici sperimentalmente presentate all'ingresso dell'arnia sono state a contatto, per parte della loro vita adulta, con l'acaro *Varroa destructor*; anche in questo caso, analisi della miscela degli idrocarburi epicuticolari suggeriscono che la miscela di idrocarburi cuticolari possa mediare il riconoscimento di individui che sono stati a contatto con varroa, che cercano di entrare nell'alveare (CAPPA *et al.*, in prep.). Un'altra strada che permette di ridurre le possibilità di contatto tra individui malati e individui sani è data dal non ritorno all'alveare da parte di individui affetti da patologie: è noto che foraggiatrici affette da parassitosi (es. *Varroa destructor*) o da infezioni di *Nosema* hanno difficoltà a tornare all'alveare a causa di una ridotta capacità di volo e di "homing" (KRALJ & FUSCHS, 2006, 2010). Il fatto che le api affette da questi due differenti patogeni mostrino la stessa risposta comportamentale suggerisce che questa può essere una risposta generale delle api per contrastare le infezioni (KRALJ & FUSCHS, 2010).

Ma forse una delle forme di immunità sociale più note tra le api sociali è rappresentata dal comportamento igienista. La capacità delle api di riconoscere ed eliminare prole (larve o pupe) infetta dalle cellette dei favi, è un comportamento noto da molto tempo (ROTHENBUHLER & THOMPSON, 1956); seppur descritto inizialmente come risposta alla peste ame-

ricana (malattia causata da *Paenibacillus larvae*), questo comportamento è stato successivamente individuato anche nella rimozione di prole affetta da altre patologie. Infine, analogamente a molte altre specie animali, un semplice comportamento di pulizia del proprio corpo (il “grooming” della letteratura inglese) o del corpo di un conspecifico appartenente al proprio gruppo (“allogrooming”) effettuato da molti individui in un alveare può rappresentare una risposta collettiva efficace a livello coloniale contro determinati patogeni (per una sintesi vedi EVANS & SPIVAK, 2010).

Queste capacità di difesa collettiva sono il risultato di una lunga storia co-evolutiva tra i parassiti e i loro ospiti. Parassiti e patogeni possono velocemente adattarsi ai loro ospiti, che d'altra parte sviluppano difese collettive sempre più efficienti e relativamente poco costose.

Nonostante che, come gli altri insetti sociali, anche l'*Apis mellifera* mostri queste capacità di difesa collettiva, negli ultimi anni le sue colonie stanno subendo un drastico attacco da parte di parassiti e patogeni. Sebbene il problema della “moria delle api” sia piuttosto complesso, un ruolo cruciale in questo fenomeno è svolto dall'acaro *Varroa destructor*, ectoparassita dell'ape adulta e dei suoi stadi immaturi. Questo parassita, originariamente confinato sul suo ospite ancestrale rappresentato dall'ape asiatica (*Apis cerana*), si è trasferito nella prima metà del secolo scorso sulla nostra ape occidentale, l'*Apis mellifera*, a seguito dei traffici commerciali che si sono sviluppati tra Oriente ed Occidente (MARTIN, 2001). Da allora si è diffuso a macchia d'olio e, allo stato attuale, sembra essere assente solo dal continente Australiano. Ma, mentre sul suo ospite originario la *Varroa* fa pochi danni, sull'ape da miele riesce ad annientare un'intera colonia nel giro di un paio di anni dato che prelevando emolinfa alle api, le indebolisce, provoca loro immunodeficienza e trasmette una vasta gamma di virus letali (MARTIN *et al.*, 2012). La maggior aggressività con cui l'acaro attacca il nuovo ospite è sicuramente imputabile alla mancanza - a causa del rapporto recente, in termini evolutivi, di questo sistema ospite-parassita - di quei meccanismi difensivi collettivi presenti in *Apis cerana* (ROSENKRANZ *et al.*, 2010). Poiché la lotta alla varroa nell'ape europea rappresenta uno dei principali problemi dell'apicoltura e della salvaguardia della salute dell'ape è importante prendere in considerazione quei tratti comportamentali che permettono all'ape asiatica di mantenere sotto controllo la popolazione dell'acaro all'interno dell'alveare. Il nostro gruppo di ricerca si è focalizzato in particolare, sullo studio del comportamento di “allogrooming” che rap-

presenta un tratto sociale determinante nella difesa dalla varroa del suo ospite originario (PENG *et al.*, 1987). Gli studi che stiamo conducendo su *Apis mellifera* mostrano che seppur il comportamento di allogrooming, diversamente da quanto ritenuto in precedenza (SAKAGAMI, 1960), sembri efficace nel rimuovere la varroa dal corpo delle compagne (CERVO *et al.*, in prep.), esso viene effettuato solamente da una piccola frazione di api. Quindi tra i tentativi di sviluppare sistemi di lotta alla varroa più efficaci ed ecologicamente sostenibili sembra essere auspicabile una selezione per colonie con un maggior numero di individui che praticano il comportamento di allogrooming.

Non sempre però le api mostrano un'alterazione comportamentale che rappresenta una difesa contro le patologie. E' il caso delle operaie di *Apis mellifera* infettate dal protozoo microsporide, *Nosema ceranae*, che mostrano di preferire temperature più alte (CAMPBELL *et al.*, 2010) e quindi tendono a spostarsi al centro del favo, più caldo e più popolato, nonostante questo favorisca la riproduzione del patogeno (temperature ottimali e maggior possibilità di trasmissione per la maggior densità di ospiti) (MARTIN-HERNÁNDEZ *et al.*, 2009). *N. ceranae*, analogamente a quanto accaduto per *V. destructor*, si è spostato recentemente dal suo ospite originario *Apis cerana* ad *Apis mellifera* (KLEE *et al.*, 2007) per le medesime cause sopra elencate. Questa risposta comportamentale delle operaie di *A. mellifera* infettate da *N. ceranae*, probabilmente dovuto allo stress fisiologico causato dal patogeno che porta ad una peggiore capacità termoregolatrice dell'ospite, non è adattativa e va ricercata nuovamente nella recente relazione, in termini evolutivi, di questa coppia parassita-ospite.

Questi due ultimi esempi mostrano quanto sia importante il delicato equilibrio del rapporto tra l'ape e patogeni, frutto di una lunga storia co-evolutiva, che permette la messa a punto di meccanismi di immunità collettiva a livello di colonia capaci di limitare la trasmissione di patologie e ridurre l'intensità dell'infezione.

RIASSUNTO

Le colonie degli insetti sociali devono fronteggiare il problema dell'alto rischio di trasmissione di malattie tra i membri del gruppo, derivante dalla vita di gruppo e dalla socialità, in quanto diretta conseguenza sia dell'alta densità di individui all'interno della colonia sia delle strette e frequenti interazioni che intercorrono tra essi. Nonostante ciò, epidemie non sono frequenti nelle colonie di insetti sociali, poiché essi hanno evoluto la capacità di attuare difese collettive contro parassiti e patogeni, difese che si sommano ai sistemi di difesa individuale dei singoli membri del gruppo. Questa “immunità sociale”, come viene chiamata, è il risultato della cooperazione tra i membri del gruppo per com-

battere l'aumentato rischio di trasmissione di malattie e consiste di adattamenti di tipo comportamentale, fisiologico ed organizzativo a livello coloniale. Vengono qui illustrate le principali e più comuni difese collettive descritte in *Apis mellifera*.

BIBLIGRAFIA

- ARBIA A., BABBAY B., 2011 – *Management strategies of honey bee diseases*. - J. Entomol., 8(1): 1-15.
- BARACCHI D., TURILLAZZI S., 2010 – *Differences in venom and cuticular peptides in individuals of Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) determined by MALDI-TOF MS*. - J. Insect Physiol., 56: 366-375.
- BARACCHI D., FRANCESE S., TURILLAZZI S., 2011 – *Beyond the antipredatory defence: honey bee venom function as a component of social immunity*. - Toxicon, 58: 219-229.
- BARACCHI D., FADDA A., TURILLAZZI S. 2012 – *Evidence for antiseptic behaviour towards sick adult bees in honey bee colonies*. - J. Insect Physiol., 58: 1589-1596.
- CAMPBELL J., KESSLER B., MAYACK C., NAUG D., 2010 – *Behavioural fever in infected honeybees: parasitic manipulation or coincidental benefit?* – Parasitology, 137: 1487-1491.
- CREMER S., ARMITAGE S.A.O., SCHMID-HEMPEL P., 2007 – *Social immunity*. - Curr. Biol., 17: 693-702.
- DIEZ L., DENEUBOURG J.-L., DETRAIN C., 2012 – *Social prophylaxis through distant corpse removal in ants*. - Naturwissenschaften, 99: 833-842.
- EVANS J.D., SPIVAK M., 2010 – *Socialized medicine: individual and communal disease barriers in honey bees*. - J. Invert. Pathol., 103: S62-72.
- EVANS J.D., ARONSTEIN K., CHEN Y.P., HETRU C., IMLER J.L., JIANG H., KANOST M., THOMPSTON G.J., ZOU Z., HULTMARK D., 2006 – *Immune pathways and defense mechanisms in honey bees Apis mellifera*. - Insect. Mol. Biol., 15: 645-656.
- HUGHES W.O., BOOMSMA J.J., 2004 – *Genetic diversity and disease resistance in leaf-cutting ant societies*. - Evolution, 58: 1251-1260.
- KLEE J., BESANA A.M., GENERSCH E., GISDER S., NANETTI A., TAM D.Q., CHINH T.X., PUERTA F., RUZ J.M., KRYGER P., MESSAGE D., HATJINA F., KORPELA S., FRIES I., PAXTON R.J., 2007 – *Widespread dispersal of the microsporidian Nosema ceranae, an emergent pathogen of the western honey bee, Apis mellifera*. - J. Invert. Pathol., 96: 1-10.
- KRALJ J., FUSCHS S., 2006 – *Parasitic Varroa destructor mites influence flight duration and homing ability of infested Apis mellifera foragers*. - Apidologie, 37: 577-587.
- KRALJ J., FUSCHS S., 2010 – *Nosema sp. Influences flight behavior of infested honey bee (Apis mellifera) foragers*. - Apidologie, 41: 21-28.
- JOUVENAZ D.P., BLUM M.S., MAC C.J., 1972 – *Antibacterial activity of venom alkaloids from the imported fire ant, Solenopsis invicta Buren*. - Antimicrob. Agents Chemother., 2: 291-3.
- LAVIE P., 1968 – *Les substances antibiotiques dans la colonie d'abeilles*. Masson et Cie, Paris.
- MAGOR B.G., MAGOR K.E., 2001 – *Evolution of effectors and receptors of innate immunity*. - Devel. & Comp. Immunol., 25: 651-682.
- MARTIN S.J., 2001 – *Biology and life-history of Varroa mites*. In: Mites of honey bee, Webster T.C. & Delaplane K.S Ed., Dadant & Sons, Hamilton, IL., pp. 131-148.
- MARTIN S.J., HIGHFIELD A.C., BRETTEL L., VILLALOBOS E.M., BUDGE G.E., POWELL M., NIKAIKO S., SCHROEDER D.C., 2012 – *Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite*. - Science, 335: 1304-1306.
- MARTIN-HERNÁNDEZ R., MEANA A., GARCÍA-PALENCIA P., MARÍN P., BOTÍAS C., GARRIDO-BAILÓN E., BARRIOS L., HIGES M., 2009 – *Effect of temperature on the biotic potential of honeybee microsporidia*. - Appl. Environ. Microbiol., 75: 2554-2557.
- ORIVEL J., REDEKER V., LE CAER J.P., KRIER F., REVOL-JUNELLES A.M., LONGEON A., CHAFFOTTE A., DEJEAN A., ROSSIER J., 2001 – *Poneritoxins, new antibacterial and insecticidal peptides from the venom of the ant Pachycondyla goeldii*. - J. Biol. Chem., 276: 17823-17829.
- PENG Y.S., FANG Y., XU S., GE L., 1987 – *The resistance mechanism of the Asian honey bee, Apis cerana Fabr., to an ectoparasitic mite Varroa jacobsoni Oudemans*. - J. Invert. Pathol., 49: 54-60.
- ROSENKRANZ P., AUMEIER P., ZIEGELMANN B., 2010 – *Biology and control of Varroa destructor*. - J. Invert. Pathol., 103: 596-5119.
- ROTHENBUHLER W.C., THOMPSON V.C., 1956 – *Resistance of the American foulbrood in honey bee: I. Differential survival of larvae of different genetic lines*. - J. Econ. Entomol., 49: 470-475.
- SAKAGAMI S.F., 1960 – *Preliminary report on the specific difference behaviour and the other ecological characters between European and Japanese honey bee*. - Acta Hymenopt., 1, 171-198.
- SADD B.M., SCHMID-HEMPEL P., 2006 – *Insect immunity shows specificity in protection on secondary pathogen exposure*. - Curr. Biol., 16: 1206-1210.
- SCHMID-HEMPEL P., 1998 – *Parasites in social insects*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 409 pp.
- SEELEY T.D., MORSE R.A., 1976 – *The nest of the honey bee (Apis mellifera L.)*. - Insect. Soc., 23: 495-512.
- SEELEY T.D., 1985 – *Honeybee ecology: a study of adaptation in social life*. Princeton University Press, Princeton.
- SIMONE M., EVANS J., SPIVAK M., 2009 – *Resin collection and social immunity in honey bees*. - Evolution, 63: 3016-3022.
- SIMONE-FINSTROM M., SPIVAK M., 2012 – *Increased resin collection after parasite challenge: a case of self-medication in honey bees?* - PLoS One, 7: 34601.
- STARKS P.T., BLACKIE C.A., SEELEY T.D., 2000 – *Fever in honeybees*. - Naturwissenschaften, 87: 229-231.
- TURILLAZZI S., MASTROBUONI G., DANI F.R., MONETI G., PIERACCINI G., LA MARCA G., BARTOLUCCI G., PERITO B., LAMBARDI D., CAVALLINI V., DAPPORTO L., 2006 – *Dominulin A and B: two new antibacterial peptides identified on the cuticle and in the venom of the social paper wasp Polistes dominulus using MALDI-TOF, MALDI-TOF/TOF, and ESI-Ion Trap*. - J. Mass Spectrom., 17: 376-383.
- VISSCHER P., 1983 – *The honey bee way of death: necrophoric behavior in Apis mellifera colonies*. - Anim. Behav., 31: 1070-1076.
- WILSON-RICH N., SPIVAK M., FEFFERMAN, N.H., STARKS P.T., 2009 – *Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies*. - Annu. Rev. Entomol., 54: 405-423.

IL COLLASSO DELLE COLONIE E L'APICOLTURA OGGI

IGNAZIO FLORIS (*) - ALBERTO SATTA (*)

(*) Dipartimento di Agraria, sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università degli Studi di Sassari, Viale Italia 39, 07100 Sassari, Italy; ifloris@uniss.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

The honey bee colony collapse and the beekeeping today

The honey bee colony collapse, well known in USA as Colony Collapse Disorder (CCD), is a syndrome of the honey bee colonies not yet completely defined which has determined serious losses in the last years. The CCD, in the strict sense of pathological condition, has also been reported recently in Europe. However, the colony collapse, in the broad sense of the term, is part of the wider problem of the honey bee colony losses in USA and Europe.

A clinical description of operational cases of CCD colonies showed the simultaneous presence of the following symptoms: (I) rapid loss of adult workers as evidenced by large amounts of capped brood within a collapsing colony, (II) surviving workers are young and the queen is present, (III) lack of dead workers within or proximal to collapsed colonies, (IV) abundant food stocks in collapsed colonies, (V) delayed invasion by other hive pests and (VI) non-damaging levels of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* and/or the microsporidian endoparasite *Nosema* spp. at the time of collapse.

In Italy, the greatest efforts to clarify the causes of colony losses have been widely experienced/investigated in the APENET (currently BEENET) programme. The most significant scientific results regarded the interactions between the parasitism of *V. destructor* and the Deformed Wing Virus (DWV), as well as the impact of pesticides on agro-ecosystems, particularly Neonicotinoids.

In general, the investigations carried out both in USA and in Europe showed that none of the many quantified variables (including adult bee physiology, parasites, pathogen loads and pesticide levels) emerged as a most-likely cause of collapse. In colonies affected by the collapse, higher pathogen loads and co-infections with a greater number of pathogens were observed than in healthy ones, suggesting an increased exposure to pathogens or a reduced resistance of bees toward pathogens. Furthermore, on the basis of the distribution of the affected hives, the condition of CCD would be contagious or reflect a common risk factor within the apiaries. However, a more precise characterization and standardization of colony collapse is needed in order to allow a comparison of data at global scale.

Presently, beekeeping strongly suffers the negative economic impact of this morbidity which causes colony and yield losses. The implications at apiary level concern the technical and integrated parasite/pathogen management to avoid sources of stress that may contribute in reducing the immune defense of honey bee colonies.

KEY WORDS: Colony Collapse, Impact, Risk factors, Case definitions, Apiary Management.

Il problema del collasso delle colonie, anche nell'accezione del Colony Collapse Disorder o CCD, si inquadra nella problematica più generale del declino delle api a livello mondiale che, da alcuni decenni, sta assumendo contorni sempre più allarmanti, soprattutto in rapporto all'importanza strategica delle api come impollinatori nel conseguimento di molte produzioni vegetali. Ben 39 piante coltivate su 57, infatti, nell'ambito delle più importanti monoculture, beneficiano di questo fondamentale servizio ecosistemico (KLEIN *et al.*, 2007). L'*Apis mellifera* L. è senza dubbio l'impollinatore più importante per l'agricoltura grazie anche al suo facile allevamento e trasporto. Tant'è che nel corso del secolo scorso ad un aumento del 50% della produzione mondiale di miele ha fatto riscontro un incremento del 300% del servizio di impollinazione (AIZEN e HARDER, 2009).

Forti perdite di colonie di api, non meglio defi-

nite, si sono verificate anche in passato (es. "Isle of Wight disease" e "May Disease"), talvolta assimilabili all'attuale CCD (UNDERWOOD e VANENGELSDORP, 2007), ma l'entità e la velocità di questi recenti cali sono probabilmente senza precedenti. Spesso nei mezzi di comunicazione di massa sono stati enfatizzati aspetti scientificamente infondati come nel caso delle onde elettromagnetiche legate ai telefonini (www.telegraph.co.uk). Talvolta nella letteratura scientifica (RATNIEKS e CARRECK, 2010) le perdite di colonie di api sono state impropriamente imputate al "Colony Collapse Disorder", il quale, se ci riferiamo alla sua corretta definizione, non costituisce il fattore principale del declino delle api, posizionandosi addirittura all'8° posto dietro malnutrizione, regine, clima, parassiti, patogeni ecc. (VANENGELSDORP *et al.*, 2010).

In Europa, la perdita di colonie di api negli ultimi anni è stata in media pari al 20% (dall'1,8 al 53%)

(NEUMANN e CARRECK, 2010), con le carenze nutrizionali e i parassiti ritenuti i fattori maggiormente responsabili (Atti del Convegno “COLOSS 4°, Zagabria, Croazia, 3-4 marzo 2009”, disponibile all’indirizzo www.coloss.org/pubblicazioni). Solo recentemente è stato segnalato il primo caso ufficiale di CCD in Svizzera (DAINAT *et al.*, 2012).

Gli studi volti a definire il problema del collasso delle colonie, in senso ampio, sia negli USA che in Europa hanno preso in considerazione, singolarmente o in combinazione, vari fattori: dalle parassitosi (Varroosi e Nosemosi tipo C) (HIGHER *et al.*, 2006), agli effetti letali e sub-letali dei pesticidi utilizzati in agricoltura e per il controllo di parassiti e patogeni dell’alveare, dalla malnutrizione ai fattori climatici e allo stress da nomadismo che produrrebbero un effetto immunosoppressivo, rendendo le api più vulnerabili (MUTINELLI e GRANATO, 2007). Alcuni di questi fattori, quantificati e confrontati, hanno dimostrato di avere un forte impatto sulla salute delle api e di essere talvolta implicati in drastiche perdite, come nel caso di *Nosema ceranae* in Spagna, ma nessun singolo fattore è stato provato costantemente o sufficientemente abbondante da suggerire un unico agente causale.

In Italia, gli sforzi maggiori volti a chiarire le cause delle perdite di colonie, sono stati ampiamente profusi nell’ambito del programma ApeNet e ora proseguono con BeeNet, con risultati scientificamente significativi in materia di interazioni tra il parassitismo di *V. destructor* e il virus delle ali deformi (DWV) (NAZZI *et al.*, 2012) nonché sull’impatto di nuovi insetticidi come i Neonicotinoidi (SGOLASTRA *et al.*, 2012), già implicati in gravi morie di api e fenomeni di spopolamento in Francia a partire dai primi anni del decennio scorso.

Una vasta indagine su popolazioni in declino e sane di api, basata sull’approccio metagenomico e la PCR (Polymerase Chain Reaction), ha consentito di individuare associazioni microbiche diverse in colonie con CCD rispetto a colonie sane. Il riscontro più significativo è stato il rilevamento del virus israeliano della paralisi acuta (IAPV), il quale è risultato altamente correlato con CCD (COX-FOSTER *et al.*, 2007), anche se successive indagini non hanno confermato questa ipotesi (VANENGELSDORP *et al.*, 2009).

Gli studi epidemiologici hanno affrontato la problematica confrontando fattori di salute e di rischio in colonie predefinite “sospette” e “non”, senza una specifica ipotesi, ma partendo da una definizione operativa dei casi (*operational case definitions*), basata su comuni caratteristiche cliniche, prontamente osservabili, facilmente reperibili e quasi sempre ben identificabili, ma con un basso livello di specificità. Ovvero, si è partiti da una condizione

inclusiva (ampia, generica) per giungere ad una “definizione” sempre più precisa con lo scopo di: (a) caratterizzare la distribuzione spaziale delle colonie forti, deboli e morte in apiari contenenti colonie con e senza sintomi di CCD, (b) quantificare e confrontare varie misure tra le popolazioni sospette di CCD con quelle apparentemente sane e (c) conoscere la causa del CCD. Sulla base di una preliminare definizione di casi operativi di CCD, compiuta in campo da ricercatori esperti nella diagnosi clinica delle malattie delle api, sono state quantificate oltre 200 variabili, 61 delle quali sono state registrate con una frequenza tale da consentire confronti significativi tra le popolazioni. Questa indagine ha evidenziato un numero più elevato di colonie morte e deboli negli apiari colpiti da CCD rispetto agli apiari “controllo” con una loro distribuzione non casuale, suggerendo che un agente infettivo o l’esposizione ad un fattore di rischio comune possano essere coinvolti nel collasso delle colonie. Nessun singolo patogeno o parassita è stato tuttavia trovato con una frequenza sufficiente per concludere che un unico organismo sia coinvolto nel CCD. Le colonie con CCD avevano comunque livelli di virus più elevati ed erano co-infettate con un maggior numero di agenti patogeni delle colonie “controllo”, suggerendo una loro minore capacità di contrastare le infezioni dal punto di vista immunitario. L’inefficiente risposta immunitaria può essere legata a diversi fattori, tra i quali la malnutrizione e l’esposizione cronica a dosi sub-letali di pesticidi agricoli o di acaricidi applicati in apicoltura. In entrambi i casi, tuttavia, lo studio epidemiologico non ha provato un ruolo decisivo di questi fattori, evidenziando contrariamente alle attese una presenza di residui maggiore negli apiari o colonie “controllo”. Non sono state altresì rilevate differenze nei livelli di *Varroa* in colonie con CCD rispetto ai controlli, anche se l’approccio epidemiologico è risultato carente nella valutazione dell’infestazione residua nella covata. Il parassitismo della *Varroa* è noto per indebolire il sistema immunitario delle api e facilitare la trasmissione di virus alla covata e alle api adulte (ROSENKRANZ *et al.*, 2010). Inoltre, i livelli di virus elevati, derivanti da un alto numero di acari, non sono sempre immediatamente soppressi dai trattamenti antivarroa, in quanto può prefigurarsi un potenziale effetto-eredità delle elevate infestazioni di *Varroa*. Anche la regolarità e vitalità della covata non ha manifestato differenze. Come in tutti i casi di studi epidemiologici descrittivi non si possono trarre conclusioni definitive, ma solo alcune considerazioni importanti per il proseguo delle ricerche e per la definizione operativa dei casi di CCD, che è riassumibile nel complesso dei seguenti sintomi: 1) rapida perdita di api operaie e con-

temporanea presenza di covata opercolata all'interno delle colonie; 2) operaie rimanenti molto giovani e presenza della regina; 3) mancanza di operaie morte all'interno o in prossimità delle colonie in fase di collasso; 4) scorte alimentari abbondanti nelle colonie collassate; 5) invasione tardiva di parassiti e intrusi dell'alveare in colonie collassate e assenza di cleptoparassitismo; 6) livelli bassi (non dannosi) di *Varroa* e/o *Nosema* spp.

Attualmente, gli sforzi per identificare la/e causa/e del declino delle colonie di api sono mirati, in particolare, verso il parassitismo della *Varroa* e le interazioni parassiti-patogeni, nonché la tolleranza e gli effetti cronici dei residui di pesticidi.

Tutti gli studi finora condotti dimostrano, in definitiva, che oggi l'apicoltura è esposta a una serie di insidie che ne minano le potenzialità produttive e la stessa immagine "ecologica". La qualità dell'ambiente è senz'altro una delle prerogative per l'esclusione di alcuni importanti fattori di rischio, quali l'esposizione a pesticidi agricoli e alla malnutrizione. Altri fattori sono legati ai differenti modelli di gestione degli apiari, per finalità "zootecniche" o per il "servizio di impollinazione", stanziale o nomade, in ambienti naturali e agricoli: estensivi o intensivi. Un'adeguata condizione ambientale potrebbe, tuttavia, non essere sufficiente a causa di altri fattori di rischio connessi alle modificazioni climatiche in atto o alla gestione tecnico-sanitaria degli alveari. Le stesse conclusioni dello studio epidemiologico sul CCD dimostrano quanto le cause patologiche indotte dal parassitismo, cui sono costantemente esposte le api, in associazione a problemi legati a residui di pesticidi, dipendenti in parte dal controllo dell'acaro *V. destructor*, siano strategici sotto il profilo pratico e scientifico per prevenire o definire le cause del collasso. In tal senso è rimarchevole il possibile effetto-eredità dell'infestazione di *Varroa*, che sottende il rischio insito in un'inadeguata gestione dell'infestazione, per cui, superando soglie non tollerate dalle colonie, si potrebbero scatenare patologie secondarie. Qui si entra in una sfera ancora scarsamente recepita dal mondo apistico, e in parte anche dal mondo scientifico, ovvero la definizione e l'applicazione di strategie di gestione sanitaria integrata, non solo nel senso entomologico della lotta "guidata" o "integrata" ai parassiti dell'alveare. Limitandoci al problema della *Varroa*, si impone l'esigenza di un monitoraggio costante dell'infestazione per mirare (*timing*) i trattamenti acaricidi così da prevenire l'instaurarsi di patologie secondarie o di condizioni di debolezza delle colonie che ne minino l'efficienza immunitaria a livello individuale e sociale.

RIASSUNTO

Il collasso delle colonie, se inteso come *Colony Collapse Disorder* (CCD), è una sindrome delle api mellifiche, ancora in fase di caratterizzazione, che ha determinato nell'ultimo quinquennio allarmanti perdite di alveari negli Stati Uniti d'America. Solo recentemente, tale condizione patologica, in senso stretto, è stata segnalata anche in Europa. Sia negli USA che in Europa, tuttavia, il fenomeno del collasso delle colonie, in senso lato, si inquadra nella più ampia problematica del declino o perdita delle colonie di api (*honey bee colony losses*), per ragioni di varia natura, ambientale e patologica, o per l'interazione di vari fattori che portano ad uno stato di "morbilità" tale da compromettere la produttività e la sopravvivenza delle colonie di api. Negli USA, una descrizione su base clinica di questo fenomeno ha portato ad individuare la contemporanea presenza dei seguenti sintomi: 1) rapida perdita di api operaie e contemporanea presenza di covata opercolata all'interno delle colonie; 2) operaie rimanenti molto giovani e presenza della regina; 3) mancanza di operaie morte all'interno o in prossimità delle colonie; 4) scorte di miele e polline abbondanti nei favi; 5) invasione tardiva di parassiti e intrusi dell'alveare e assenza di cleptoparassitismo; 6) livelli non dannosi di *Varroa* e/o *Nosema* spp. In Italia, gli sforzi maggiori volti a chiarire le cause delle perdite di colonie, sono stati ampiamente esperiti nell'ambito del programma APENET (attualmente BEENET). I risultati scientifici più significativi di tale programma, hanno riguardato le interazioni tra il parassitismo di *Varroa destructor* e virus (DWV) e l'impatto dei pesticidi in aree agricole, con particolare riferimento ai Neonicotinoidi, già implicati in gravi perdite e fenomeni di spopolamento di alveari in Francia, a partire dai primi anni del decennio scorso. In generale, i confronti finora effettuati, sia in America che in Europa, hanno evidenziato l'assenza o la contraddittoria presenza di differenze quantitative dei numerosi parametri osservati in colonie con sintomi di collasso rispetto a colonie classificate sane, non escludendo che i vari agenti patogeni/parassitari o fattori di natura genetica, fisiologica, nutrizionale e ambientale, singolarmente o in combinazione, siano responsabili del collasso. È certo che il maggior carico di patogeni o di co-infezioni in colonie affette da collasso rispetto a colonie sane, dimostra una maggiore esposizione o una più ridotta difesa delle api con sintomi di collasso. Gli studi epidemiologici hanno evidenziato che, delle numerose variabili finora quantificate, nessuna è stata giudicata sufficientemente consistente da costituire un'unica causa di questo fenomeno. Inoltre, la condizione del collasso nota come CCD, sulla base della distribuzione degli alveari colpiti, risulterebbe contagiosa o rifletterebbe fattori di rischio comuni all'interno degli apiari. Permane in generale l'esigenza di una più precisa caratterizzazione e di una maggiore standardizzazione della definizione e della diagnosi del collasso delle colonie di api, per consentire un confronto dei dati su scala globale.

L'apicoltura oggi subisce questa emergenza sia in termini di impatto economico negativo dovuto alle perdite di api e al calo delle produzioni, sia per le implicazioni nella gestione tecnica e sanitaria degli apiari. Le fonti di stress e di contaminazioni a cui sono costantemente esposte le api concorrono a ridurre l'efficienza immunitaria, alterandone gli equilibri e la capacità di autodifesa a livello individuale e sociale. Per far fronte a questa situazione, si im-

ne un approccio più consapevole e qualificato all'apicoltura, orientato verso una maggiore sostenibilità sia in termini ambientali che di conduzione tecnico-sanitaria degli apiari secondo i principi della gestione integrata.

BIBLIOGRAFIA

- AIZEN M.A., HARDER L.D., 2009 – *The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination*. - Curr. Biol., 19: 915-8.
- COX-FOSTER D.L., CONLAN S., HOLMES E.C., PALACIOS G., EVANS J.D. et al., 2007 - *A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder*. - Science (Washington), 318: 283-286.
- DAINAT B., VANENGELSDORP D., NEUMANN P., 2012 - *Colony collapse disorder in Europe*. – Environ. Microbiol. Rep., 4 (1): 123-125.
- HIGES, M., MARTIN, R., MEANA, A., 2006 – *Nosema ceranae, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe*. - J. Invertebr. Pathol., 92: 81–83.
- KLEIN A.M., VAISSIÈRE B.E., CANE J.H., 2007 – *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. - Proc. Roy. Soc. Lond., B: Bio., 274: 303-13.
- MUTINELLI F., GRANATO A., 2007 – *La sindrome del collasso della colonia (Colony Collapse Disorder) negli USA. Un aggiornamento sulla situazione attuale*. - Apoidea, 4: 175-187.
- NAZZI F., BROWN S.P., ANNOSCIA D., DEL PICCOLO F., DI PRISCO G. et al., 2012 – *Synergistic Parasite-Pathogen Interactions Mediated by Host Immunity Can Drive the Collapse of Honeybee Colonies*. - PLoS Pathogens, 8 (6): e1002735. doi: 10.1371/journal.ppat.1002735.
- NEUMANN P., CARRECK N.L., 2010 – *Honey bee colony losses*. - J. Apicult. Res., 49 (1): 1-6.
- RATNIEKS F.L.W., CARRECK N.L., 2010 – *Clarity on honey bee collapse?* - Science, 327: 152-153.
- ROSENKRANZ P., AUMEIER P., ZIEGELMANN B., 2010 – *Biology and control of Varroa destructor*. - J. Invertebr. Pathol., 103: S96–S119.
- SGOLASTRA F., RENZI T., DRAGHETTI S., MEDRZYCKI P., LODESANI M., MAINI S., PORRINI C., 2012 – *Effects of neonicotinoid dust from maize seed-dressing on honey bees*. - Bull. Insectology, 65 (2): 273-280.
- UNDERWOOD R., VANENGELSDORP D., 2007 – *Colony collapse disorder: have we seen this before?* - Bee Culture, 35: 13-18.
- VANENGELSDORP D., EVANS J.D., SAEGERMAN C., MULLIN C., HAUBRUGE E., KIM NGUYEN B., FRAZIER M., FRAZIER J., COX-FOSTER D., CHEN Y., UNDERWOOD R., TARPY D.R., PETTIS J.S., 2009 - *Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study*. - PLoS ONE, 4 (8): e6481.
- VANENGELSDORP D., HAYES J., UNDERWOOD R.M., PETTIS J.S., 2010 – *A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009*. - J. Apicult. Res., 49 (1): 7-14.

API SELVATICHE: IMPORTANZA E PROBLEMATICHE

AULO MANINO (*) - MARCO PORPORATO (*)

(*) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università di Torino, Via Leonardo da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (Torino); aulo.manino@unito.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

Wild bees: importance and problems

Bees live on resources they obtain from flowers and therefore they have evolved to adapt themselves to floral morphology, thus becoming the key pollinating agents for maintaining plant biodiversity. Beside the few species that are kept by man, wild species are of paramount significance at a global level, but they play an essential role in extremely difficult environments or on specific occasions. Climate changes, habitat reduction, landscape alterations, and crop system intensification have brought in the last few decades to a generalized wild bee decline, both as species number and insect abundance. Therefore serious concerns were raised about wild bee survival, and various initiatives and actions for their protection were stimulated.

KEY WORDS: Apoidea, biodiversity, decline, pollination, protection.

Le api sono un gruppo olofiletico di Imenotteri Aculeati, chiaramente riconoscibile per una serie di peculiari caratteri morfologici, comprendente forse 20.000 specie a livello mondiale (MICHENER, 2000), delle quali quasi 1.000 sono presenti in Italia (PAGLIANO, 1995). Dal punto di vista tassonomico le api vengono solitamente ascritte alla superfamiglia Apoidea (PAGLIANO, 1995), a volte da sole, o, più spesso, insieme con le vespe sfecoidi. In quest'ultimo caso la superfamiglia viene suddivisa in due famiglie, Sphecidae e Apidae, (GAULD e BOLTON, 1988) o in due serie, Spheciformes e Apiformes, ciascuna comprendente più famiglie (MICHENER, 2000); talvolta vengono invece adottate soluzioni intermedie (MITROIU, 2012; ATLAS HYMENOPTERA, 2013).

Le api, sia allo stadio adulto che in quello larvale, si nutrono quasi esclusivamente di nettare e di polline. Questa loro dipendenza trofica dalle piante a fiore è stata responsabile di un lungo processo di coevoluzione tra gli antenati delle specie attuali di api e i fiori, nel corso del quale le api hanno sviluppato strutture anatomiche e comportamenti che consentono loro di ottimizzare la raccolta di nettare e polline, mentre le piante hanno modificato la struttura dei fiori e la disponibilità di queste ricompense alimentari in modo da assecondare l'azione pronuba delle api. Per la raccolta del polline le api sono dotate di peli piumosi, o almeno ramificati, presenti più o meno abbondantemente su tutto il corpo, ma, in particolare modo, riuniti a formare scope sulle zampe (api podilegiche) o nella regione sternale dell'ad-

dome (api gastrolegiche) delle femmine; in molti gruppi sono presenti anche strutture specializzate per il trasporto del polline dette cestelle o corbicole, le quali sono una caratteristica distintiva delle tribù Euglossini, Bombini, Meliponini e Apini, che formano, nel complesso, il gruppo delle cosiddette api corbicolate (MICHENER, 2000). L'apparato boccale delle api, partendo da una struttura simile a quella degli altri Imenotteri Aculeati, si è progressivamente specializzato, grazie a progressive modificazioni del complesso maxillo-labiale, per lambire e succhiare liquidi zuccherini; tra le specie attuali possono essere distinte quelle a proboscide corta (Stenotritidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae e Melittidae), con un apparato boccale più primitivo, da quelle a proboscide lunga (Megachilidae e Apidae), il cui apparato boccale altamente modificato consente di visitare efficacemente fiori a corolla tubulare non accessibili alle prime (MICHENER, 2000).

Nel corso della storia evolutiva delle api si sono più volte sviluppati comportamenti sociali, sì che ora esistono specie che esibiscono pressoché tutti i livelli di socialità noti per gli insetti (WILSON, 1971); le api selvatiche sono quindi un insostituibile campo di ricerca per gli studiosi di sociobiologia. Si va infatti dalle specie solitarie, in cui ogni femmina costruisce e approvvigiona i propri nidi pedotrofici (attività che, per altro, viene spesso già considerata di tipo presociale) a quelle subsociali, che prodigano cure parentali alle proprie larve; seguono le specie parasociali, con i successivi livelli comunitario, in cui due o più femmine utilizzano un nido comune pur

costruendo ognuna le proprie celle pedotrofiche e introducendovi le proprie uova, quasisociale, quando le celle sono approvvigionate in comune anche se molte femmine della società depongono uova, e semi-sociale, nel quale una femmina dominante monopolizza l'ovideposizione; si passa quindi alle specie primitivamente eusociali, che formano società temporanee, come quelle dei bombi, per giungere, infine, alle specie altamente sociali con le società permanenti delle api senza pungiglione e delle api mellifere (MICHENER, 2000).

La totale dipendenza delle api dai fiori comporta che le api sono, insieme con il vento, i più importanti agenti impollinatori, mentre acqua e altri animali pronubi svolgono un ruolo secondario, anche se essenziale in molti contesti specializzati. Pur essendo difficile quantificare l'apporto di api e vento nell'impollinazione della flora spontanea, le prime prevalgono nettamente nei climi tropicali e mediterranei, mentre il secondo assume maggior importanza in quelli temperati e freddi. In ogni caso il contributo delle api a livello ecosistemico non si limita al mantenimento della biodiversità vegetale, ma si esplica anche in una maggior disponibilità di frutti e semi per gli animali che se ne nutrono (O'TOOLE e RAW, 1991).

La stessa sopravvivenza dell'umanità dipende in larga misura dalle api come conseguenza dell'impollinazione delle colture (PESSON e LOUVEAUX, 1984; FREE, 1993). Le stime più attendibili portano a ritenere che il 15% degli alimenti di origine vegetale e circa altrettanto delle risorse foraggiere impiegate in zootecnia (O'TOOLE e RAW, 1991) o, complessivamente, il 35% del cibo prodotto (KLEIN *et al.*, 2007) dipendano dall'impollinazione entomofila. A livello mondiale il valore complessivo degli alimenti di origine vegetale prodotti grazie all'azione dei pronubi e consumati direttamente dall'uomo ammonta a più di 150 miliardi di euro (GALLAI *et al.*, 2009); per l'Italia è disponibile una stima particolarmente accurata, anche se non recente, di circa 3.000 miliardi di lire (ACCORTI, 2000), cifra che meriterebbe forse un aggiornamento, almeno in termini monetari. In prospettiva, l'agricoltura rischia una crisi di disponibilità dei servizi di impollinazione a causa del costante aumento delle superfici coltivate, con la conseguente scomparsa degli ecosistemi naturali e del contributo dei pronubi selvatici, e della progressiva crescita della percentuale di tali superfici investita in colture che richiedono l'azione dei pronubi (AIZEN *et al.*, 2008).

Decine di specie di api, solitarie e sociali, sono state e vengono tuttora allevate per scopi applicativi, tra cui quello prevalente della produzione di miele, ma poche di esse forniscono un contributo di qualche rilievo all'impollinazione delle colture,

tanto che l'agricoltura mondiale si trova attualmente a dipendere in modo quasi esclusivo dalla sola *Apis mellifera* L. (CRANE, 1990). Il ricorso a specie allevate, soprattutto se aliene, può inoltre risultare rischioso per le api selvatiche a causa della competizione per le risorse disponibili e l'eventuale diffusione di agenti patogeni (GOULSON, 2003). Sarebbe quindi consigliabile cercare di trarre il massimo profitto dal servizio di impollinazione fornito dalle popolazioni naturali di api selvatiche.

In questi ultimi decenni si assiste, invece, a un progressivo declino degli impollinatori, che coinvolge pesantemente anche le api selvatiche (POTTS *et al.*, 2010). Purtroppo solo là dove esistono dati sufficientemente completi su composizione e abbondanza della fauna di api selvatiche è possibile verificare in modo inequivocabile il fenomeno e tentare di quantificarlo; di conseguenza esso appare particolarmente evidente in Europa Nord-occidentale e in America Settentrionale (BIESMEIJER *et al.*, 2006; PATINY *et al.*, 2009). Tuttavia, l'intensificarsi delle ricerche e il perfezionamento dei metodi di indagine (NIELSEN *et al.*, 2011; LEBUHN *et al.*, 2012) stanno evidenziando che si tratta di un fenomeno a scala planetaria, dovuto all'effetto combinato di una pluralità di cause (ROULSTON e GOODELL, 2011): i cambiamenti climatici in atto a livello globale e, soprattutto, il progressivo innalzamento delle temperature su gran parte delle terre emerse, con la conseguente modificazione delle cenosi vegetali; la trasformazione del paesaggio, insieme con la riduzione e frammentazione degli habitat adatti alla sopravvivenza delle api selvatiche; l'intensificazione delle pratiche agricole, che comporta l'eliminazione della flora spontanea, l'estensione delle monoculture e l'imponente impiego di prodotti fitosanitari. Appare quindi evidente quanto sia rilevante la componente antropica nel declino degli impollinatori (WINFREE *et al.*, 2009) e come sarebbe possibile contrastarlo con una migliore comprensione e valorizzazione dei servizi ecosistemici e con una gestione più sostenibile degli agroecosistemi e degli ambienti urbani (KREMEN *et al.*, 2007). Le api selvatiche necessitano essenzialmente di risorse alimentari, e quindi di fioriture idonee al loro sostentamento, durante tutta la stagione di attività e di siti di nidificazione non disturbati dalle attività umane; entrambe queste necessità possono, almeno in parte, essere soddisfatte da interventi diretti da parte degli agricoltori o, più in generale, di tutti coloro che hanno a cuore la conservazione della natura (O'TOOLE e RAW, 1998; TERZO e RASMONT, 2007). Per questo motivo, ricercatori delle Università di Pisa, Catania, Sassari, Torino e Udine, che da tempo si interessano delle api selvatiche, hanno recentemente dato vita a un

Gruppo di lavoro su Pronubi e Ambiente al fine di promuovere e sviluppare in comune la ricerca sull'impollinazione delle piante coltivate e spontanee, nonché sugli organismi impollinatori.

RIASSUNTO

Le api vivono essenzialmente di risorse che ottengono dai fiori e si sono pertanto evolute per adattarsi alla morfologia florale, diventando così i pronubi più importanti per il mantenimento della biodiversità vegetale. Accanto alle poche specie allevate dall'uomo, le specie selvatiche sono di fondamentale importanza a livello globale, ma il loro ruolo diviene essenziale in ambienti particolarmente difficili o in situazioni specifiche. Negli ultimi decenni, i cambiamenti climatici, la riduzione degli habitat, la modificazione del paesaggio e l'intensificazione delle pratiche agricole hanno provocato un generale declino delle api selvatiche sia come numero di specie sia come abbondanza di individui, destando serie preoccupazioni per la sopravvivenza di questi insetti e stimolando iniziative e interventi per la loro salvaguardia.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORTI M., 2000 – *Impollinatori, economia e gestione delle risorse*. In: Api e impollinazione, Pinzauti M. Ed., Regione Toscana: Edizioni della Giunta Regionale, Firenze, pp.219-231.
- AIZEN M.A., GARIBALDI L.A., CUNNINGHAM S.A., KLEIN A.M., 2008 – *Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency*. - Curr. Biol., 18: 1572-1575.
- ATLAS HYMENOPTERA, 2013 – <http://www.atlashymenoptera.net/start.htm>.
- BIESMEIJER J.C., ROBERTS S.P.M., REEMER M., OHLEMÜLLER R., EDWARDS M., PEETERS T., SCHAFFERS A.P., POTTS S.G., KLEUKERS R., THOMAS C.D., SETTELE J., KUNIN W.E., 2006 – *Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands*. - Science, 313: 351-354.
- CRANE E., 1990 – *Bees and beekeeping: science, practice and world resources*. Heinemann Newnes, Oxford, XVII+614 pp.
- FREE J.B., 1993 – *Insect Pollination of Crops*. Second Edition. Academic Press, London, XII+684 pp.
- GALLAI N., SALLES J.M., SETTELE J., VAISSIERE B.E., 2009 – *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. - Ecol. Econom., 68: 810-821.
- GAULD I., BOLTON B., 1988 – *The Hymenoptera*. Oxford University Press, Oxford, XI+332 pp.
- GOULSON D., 2003 – *Effects of introduced bees on native ecosystems*. - Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 34: 1-26.
- JONES R., MUNN P. (Eds.), 1998 – *Habitat management for wild bees and wasps*. International Bee Research Association, Cardiff, 38 pp.
- KLEIN A.M., VAISSIERE B.E., CANE J.H., STEFFAN-DEWENTER I., CUNNINGHAM S.A., KREMEN C., TSCHARNTKE T., 2007 – *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. - Proc. R. Soc. London B Biol. Sci., 274: 303-313.
- KREMEN C., WILLIAMS N.M., AIZEN M.A., GEMMILL-HERREN B., LEBUHN G., MINCKLEY R., PACKER L., POTTS S.G., ROULSTON T., STEFFAN-DEWENTER I., VAZQUEZ D.P., WINFREE R., ADAMS L., CRONE E.E., GREENLEAF S.S., KEITT T.H., KLEIN A.M., REGETZ J., RICKETTS T.H., 2007 – *Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change*. - Ecol. Lett., 10: 299-314.
- LEBUHN G., DROEGE S., CONNOR E.F., GEMMILL-HERREN B., POTTS S.G., MINCKLEY R.L., GRISWOLD T., JEAN R., KULA E., ROUBIK D.W., CANE J., WRIGHT K.W., FRANKIE G., PARKER F., 2012 – *Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales*. - Cons. Biol., 27: 113-120.
- MICHENER C.D., 2000 – *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, XIV+913 pp.
- MITROIU M.D., 2012 – *Hymenoptera, Apoidea*. Fauna Europaea version 2.5, <http://www.faunaeur.org>
- O'TOOLE C., RAW A., 1991 – *Bees of the world*. Blandford. London, 192 pp.
- NIELSEN A., STEFFAN-DEWENTER I., WESTPHAL C., MESSINGER O., POTTS S.G., ROBERTS S.P.M., SETTELE J., SZENTGYÖRGYI H., VAISSIERE B.E., VAITIS M., WOYCIECHOWSKI M., BAZOS I., BIESMEIJER J.C., BOMMARCO R., KUNIN W.E., TSCHULIN T., LAMBORN E., PETANIDOU T., 2011 – *Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques*. - Ecol. Res., 26: 969-983.
- PAGLIANO G., 1995 – *Hymenoptera Apoidea*. In: Checklist delle specie della fauna italiana, Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. Ed., Fasc. 106, Edizioni Calderini, Bologna, 25 pp.
- PATINY S., PIERRE RASMONT P., MICHEZ D., 2009 – *A survey and review of the status of wild bees in the West-Palaearctic region*. - Apidologie, 40: 313-331.
- PESSON P., LOUVEAUX J. (Eds.), 1984 – *Pollinisation et productions végétales*. INRA, Paris, XV+664 pp.
- POTTS S.G., BIESMEIJER J.C., KREMEN C., NEUMANN P., SCHWEIGER O., KUHN W.E., 2010 – *Global pollinator declines: trends, impacts and drivers*. - Trends Ecol. Evol., 25 :345-353.
- ROULSTON T.H., GOODELL K., 2011 – *The Role of Resources and Risks in Regulating Wild Bee Populations*. - Annu. Rev. Entomol., 56: 293-312.
- TERZO M., RASMONT P., 2007 – *Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs*. Les Livrets de l'Agriculture, 14, DGA, Ministère de la Région Wallonne, Namur, 64 pp.
- WILSON E.O., 1971 – *The insect societies*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, X+548 pp.
- WINFREE R., AGUILAR R., VAZQUEZ D.P., LEBUHN G., AIZEN M.A., 2009 – *A meta-analysis of bees' response to anthropogenic disturbance*. - Ecology, 90: 2068-2076.

AGENTI DI STRESS E COLLASSO DELLE COLONIE D'API

FRANCESCO NAZZI (*) - FRANCESCO PENNACCHIO (**)

(*) Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Udine, via delle Scienze 206, 33100 Udine, Italy.

(**) Dipartimento di Agraria - BiPAF, Laboratorio di Entomologia "E. Tremblay", Università degli Studi di Napoli "Federico II", via Università 100, 80055 Portici (Napoli), Italy.

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

Interactions between biotic stress agents and the collapse of honeybee colonies

The collapse of honeybee colonies represents a poorly understood problem of global importance. Here we describe how the parasitic mite *Varroa destructor* can destabilize the delicate balance between the deformed wing virus and the immune system of the honeybee, causing a fatal transition from a benign covert infection to a devastating viral outbreak.

KEY WORDS: *Apis mellifera*, deformed wing virus, immunity, synergistic interactions, *Varroa destructor*

Il collasso delle colonie d'api rappresenta un problema di grande importanza non solo per l'apicoltura ma anche per l'agricoltura nel suo complesso, in considerazione dell'attività impollinatrice svolta da questi insetti a favore di molte colture agrarie (KLEIN *et al.*, 2007). Per affrontare questo problema, che è stato oggetto di molte ricerche (RATNIEKS e CARRECK, 2010), conviene, innanzitutto, porre alcune domande di base, ovvero: cos'è il collasso delle colonie d'api, chi lo causa e come avviene.

In questa sede è superfluo soffermarsi sulla prima domanda, di cui si occupano altri autori in questo stesso volume (FLORIS e SATTA, 2013), salvo per specificare che, di seguito, non si parlerà di Colony Collapse Disorder (CCD), un problema apparentemente limitato agli Stati Uniti (VAN ENGELSDORP *et al.*, 2009). Nella presente comunicazione, invece, si parlerà, più in generale, del collasso delle colonie d'api, un fenomeno ben noto in Europa assai prima dell'avvento del CCD e che comporta annualmente perdite dell'ordine del 20-30% degli alveari (NEUMANN e CARRECK, 2010).

Per quanto riguarda le cause del collasso, dopo molti anni e parecchi studi, disponiamo di dati piuttosto robusti che indicano come, nella maggior parte dei casi, si registra il coinvolgimento di uno o più parassiti (tra cui l'acaro *Varroa destructor* e il virus delle ali deformi) e come ulteriori fattori possono concorrere ad aggravare il fenomeno (NEUMANN e CARRECK, 2010; GENERSCH *et al.*, 2010).

L'aspetto tuttora meno esplorato riguarda, invece, il modo in cui avviene il collasso, senza dubbio perché, dal principio, la maggior parte delle energie sono state indirizzate nella ricerca delle cause, che è stata

ritenuta prioritaria in vista della individuazione di possibili rimedi. Inoltre, i dati sul "come" sono tuttora piuttosto scarsi, poiché la maggior parte degli studi condotti fin qui sono stati di tipo correlativo. In questo caso, colonie collassate venivano confrontate con colonie ancora sane per individuare le possibili cause del fenomeno (si veda, ad esempio, COX-FOSTER *et al.*, 2006). In questo modo, la storia pregressa dell'alveare veniva ignorata e molte importanti informazioni venivano trascurate (LE CONTE *et al.*, 2010). Invece, negli studi di tipo longitudinale, le condizioni degli alveari vengono registrate periodicamente fino al sopraggiungere del collasso, che può essere provocato regolando, ad esempio, il tasso di infestazione della *Varroa* (Fig. 1); è quanto fatto nel corso di un esperimento i cui risultati sono stati pubblicati recentemente (NAZZI *et al.*, 2012). In questa nota si riassumono le principali conoscenze acquisite con questo studio, che hanno consentito di elaborare un modello di analisi delle possibili interazioni fra agenti di stress delle api.

In colonie non sottoposte a trattamenti acaricidi, a causa del peculiare ciclo biologico dell'acaro, l'infestazione da parte di *V. destructor* tende progressivamente ad aumentare con il passar del tempo; la consistenza della colonia d'api, invece, tende, in generale, a calare e tale declino accelera bruscamente alla fine dell'estate. L'esito di questo calo accelerato della forza della colonia è, per l'appunto, una popolazione d'api inferiore al livello di sostenibilità della famiglia (Fig. 2A) e il conseguente collasso che, nei nostri climi, si verifica, di solito, durante l'autunno o all'inizio della primavera successiva. Il declino accelerato delle colonie molto infestate è correlato

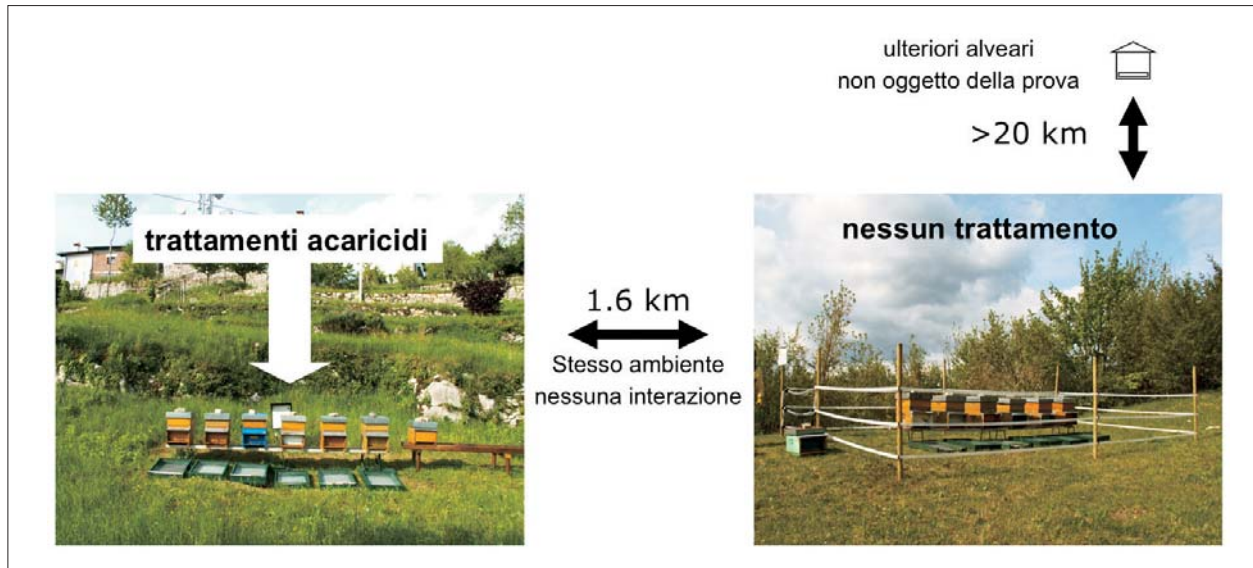


Fig. 1

Nell'esperimento longitudinale descritto nel testo sono stati confrontati due gruppi di colonie: in un gruppo l'infestazione da Varroa era mantenuta sotto controllo mediante trattamenti acaricidi, nell'altro la popolazione dell'acaro poteva aumentare liberamente.

alla mortalità delle api che aumenta bruscamente alla fine dell'estate (Fig. 2B). La mortalità delle api, a sua volta, raggiunge il picco in corrispondenza della massima infestazione. Tuttavia i due fenomeni presentano un decorso piuttosto diverso, poiché ad alti livelli d'infestazione non corrisponde necessariamente un'elevata mortalità delle api (Fig. 3A).

Se si considera la prevalenza del virus delle ali deformi, si può notare come, anche in questo caso, il picco di mortalità coincide con la massima diffusione del virus all'interno dell'alveare (Fig. 3B). Tuttavia, anche in alveari non particolarmente infestati, si osservano prevalenze elevate e non coincidenti con la mortalità delle api. Viceversa, se si considera la quantità di particelle virali presenti nelle api degli alveari molto infestati, si può notare come, in questi ultimi, il picco di mortalità coincide proprio con il picco dell'infezione, che assume valori migliaia di volte superiori a quelli registrati in precedenza negli stessi alveari e contemporaneamente negli alveari poco infestati (Fig. 3C).

Prima però di accettare la correlazione fra infezione virale e mortalità delle api occorre verificare sperimentalmente tale legame in laboratorio. Allo scopo, si possono iniettare larve d'ape con dosi crescenti di un lisato di api sintomatiche per osservare la sopravvivenza delle api adulte così ottenute (Fig. 4A). In effetti, le api infettate artificialmente mostrano i sintomi dell'infezione e, soprattutto, sopravvivono meno a lungo (Fig. 4B). Anche la correlazione fra infestazione da parte della Varroa e infezione virale, però, deve essere dimostrata. In questo caso, si possono infestare artificialmente larve d'ape con una o più varroe per verificare il

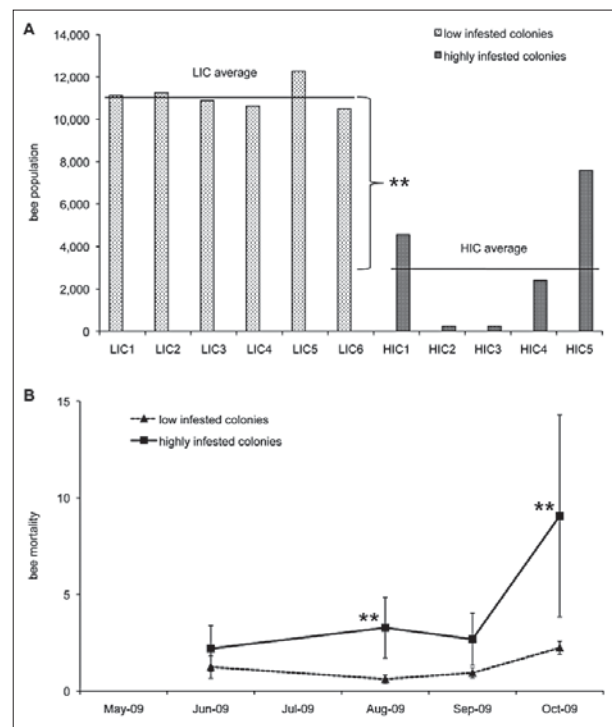


Figura 2

Le colonie molto infestate (highly infested colonies) presentano, a fine stagione, un numero di api molto ridotto in confronto alle colonie dove l'infestazione è stata controllata tramite interventi acaricidi (low infested colonies) (A). La drastica riduzione della popolazione nelle colonie molto infestate dipende dall'incremento di mortalità delle api che si registra a fine stagione (B) (NAZZI *et al.*, 2012).

tasso di infezione virale mediante PCR real time quantitativa (Fig. 5A). Operando in questo modo, si può verificare come il tasso di infezione cresca al crescere del numero di parassiti che infestano l'ape (Fig. 5B).

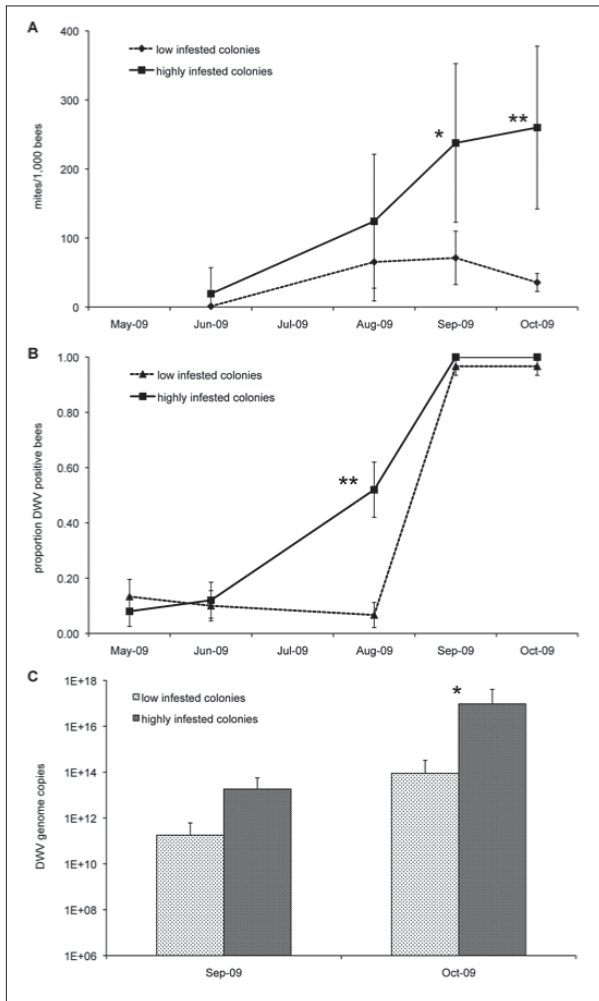


Fig. 3

L'infestazione da Varroa raggiunge, a fine stagione, nelle colonie non trattate, livelli particolarmente elevati (A) parallelamente ad un aumento della prevalenza del virus delle ali deformi che però aumenta altrettanto nelle colonie poco infestate (B). Invece, la quantità di copie virali risulta, a fine stagione, molto maggiore nelle colonie molto infestate (C) (NAZZI *et al.*, 2012).

Lo studio delle api provenienti dagli alveari molto infestati, in corrispondenza del picco di mortalità, effettuato mediante RNAseq (una tecnica che permette di verificare il livello di espressione di tutti i geni dell'organismo oggetto di studio), dimostra come un certo numero di geni immunitari siano sottoespressi in condizioni di elevata infezione. Tra questi geni ve ne è uno, *Dorsal 1A*, che appartiene alla famiglia NF- κ B. Questo gene è coinvolto sia nella risposta antivirale sia nei processi di melanizzazione e coagulazione che vengono stimolati dalla parassitizzazione da parte dell'acaro (EVANS *et al.*, 2006; LEMAITRE e HOFFMAN, 2007).

L'importanza di *Dorsal 1A* nella risposta antivirale può essere verificata inibendone l'espressione mediante RNAi (RNA interference); in questo caso, si ottiene un incremento del numero di copie virali

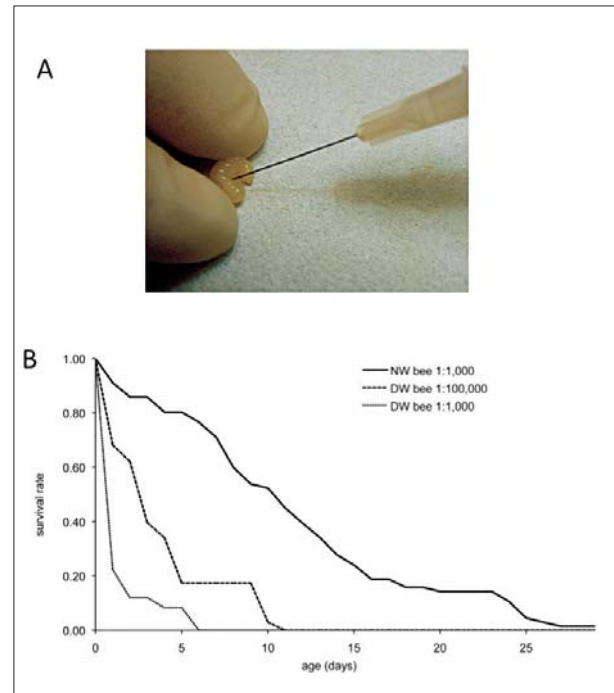


Fig. 4

Per verificare la correlazione fra infezione virale e mortalità delle api si possono iniettare larve d'ape con dosi crescenti di un lisato di api sintomatiche per osservare la sopravvivenza delle api adulte così ottenute (A: foto D. Annoscia). Le api infestate artificialmente sopravvivono meno a lungo di quelle non infestate (B: NAZZI *et al.*, 2012).

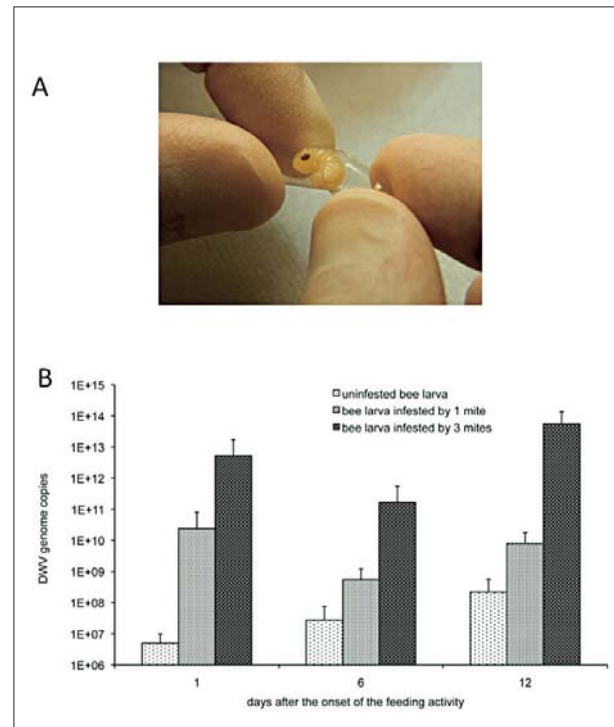


Figura 5

Per dimostrare la correlazione fra infestazione da Varroa e infezione virale, si possono infestare artificialmente larve d'ape con una o più varroe e verificare il tasso di infezione virale mediante PCR real time quantitativa (A: foto D. Annoscia). Operando in questo modo, si può verificare come il tasso di infezione cresca al crescere del numero di parassiti che infestano l'ape (B: NAZZI *et al.*, 2012).

nelle api trattate. Il ruolo di *Dorsal 1A* nei confronti della Varroa, invece, può essere meglio compreso considerando il fatto che tutti gli stadi di sviluppo dell'acaro si nutrono attraverso lo stesso foro di alimentazione, per tutta la durata della fase opercolata, e che questo fattore trascrizionale è coinvolto nell'attivazione della risposta di coagulazione e melanizzazione, in grado di interferire in modo significativo con l'attività trofica.

Possiamo pensare a questo gene come a uno snodo cruciale del sistema immunitario dell'ape. L'esistenza di simili nodi rende il classico approccio allo studio delle patologie dell'ape non molto adatto e richiede invece un'analisi di tipo multifattoriale, in cui i parassiti sono considerati nel loro complesso invece che singolarmente. In quest'ottica, può essere sviluppato un modello delle interazioni che hanno luogo tra l'ape ed il complesso dei suoi parassiti (Fig. 6). Al centro del modello c'è il sistema immunitario dell'ape; esso interagisce con il virus e l'interazione è biunivoca, nel senso che NF-κB può attivare meccanismi di contenimento della replicazione virale, mentre il virus può adottare un meccanismo di virulenza blanda, basato sulla modulazione trascrizionale negativa di *Dorsal 1A*. In queste condizioni si può instaurare un equilibrio stabile che dà luogo alle caratteristiche infezioni latenti e asintomatiche che si osservano nell'ape (DE MIRANDA e GENERSCH, 2010).

Quando a questo scenario si aggiunge la Varroa, accade che l'attività trofica e la conseguente risposta immunitaria impegnano questo fattore trascrizionale per l'attivazione di altre risposte di difesa. In questo modo, il virus sfugge al controllo della componente antivirale del sistema immunitario, e si innesca una replicazione che, sostenuta dall'effetto inibitorio del virus su *Dorsal 1A*, accelera progressivamente.

La conseguente esplosione virale determina un incremento della mortalità delle api e un repentino spopolamento degli alveari, ovvero il collasso di cui è detto all'inizio.

Il modello che è stato presentato prevede la possibilità che ulteriori agenti di stress, similmente al parassita *V. destructor*, influenzando a loro volta sul sistema immunitario, possano interferire con il delicato equilibrio che presiede alle infezioni virali latenti.

In particolare, lo studio dell'effetto dei pesticidi ha permesso di rivelare interazioni molto interessanti fra questi ultimi e il sistema immunitario dell'ape, che risulta fortemente influenzato anche dalle condizioni nutrizionali. Pertanto, l'esposizione a particolari insetticidi e regimi alimentari inadeguati possono interferire con la risposta immunitaria dell'ape, esponendola alle possibili gravi conseguenze di patologie virali fuori controllo (DI PRISCO *et al.*, 2013).

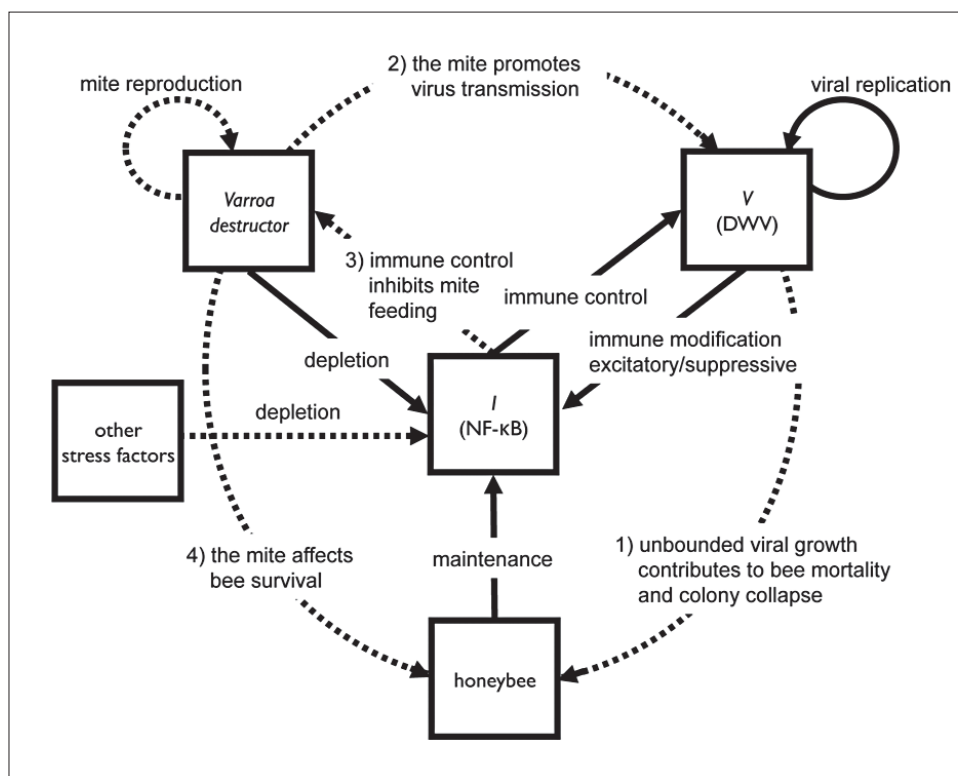


Fig. 6
Un modello delle interazioni multiple nel sistema ape (NAZZI *et al.*, 2012).

RIASSUNTO

Il collasso delle colonie d'api è un problema di importanza globale che non è ancora stato spiegato nel dettaglio. In questa nota si presentano alcune recenti acquisizioni in materia di interazioni fra fattori stress biotico e salute delle api. In particolare, si descrive il modo in cui l'acaro parassita *Varroa destructor* riesce a destabilizzare il delicato equilibrio tra il virus delle ali deformi e il sistema immunitario dell'ape, determinando la transizione da infezioni latenti relativamente innocue a devastanti esplosioni virali.

BIBLIOGRAFIA

- CONTE Y.L., ELLIS M., RITTER W., 2010 – *Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses?* - Apidologie, 41: 353-363.
- COX-FOSTER D.L., CONLAN S., HOLMES E.C., PALACIOS G., EVANS J.D., MORAN N.A., QUAN P.L., BRIESE T., HORNIG M., GEISER D.M., MARTINSON V., VAN ENGELSDORP D., KALKSTEIN A.L., DRYSDALE A., HUI J., ZHAI J.H., CUI L.W., HUTCHISON S.K., SIMONS J.F., EGHOLM M., PETTIS J.S., LIPKIN W.I., 2007 – *A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder*. - Science, 318: 283-287.
- DE MIRANDA J.R., GENERSCH H.E., 2010 – *Deformed wing virus*. - J. Invertebr. Pathol., 103: S48-S61.
- DI PRISCO G.D., CAVALIERE V., ANNOSCIA D., VARRICCHIO P., CAPRIO E., NAZZI F., GARGIULO G., PENNACCHIO F., 2013 – *Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees*. - PNAS, 110 (46): 18466-18471.
- EVANS J.D., ARONSTEIN K., CHEN Y.P., HETRU C., IMLER J.L., JIANG H., KANOST M., THOMPSON G. J., ZOU Z., HULTMARK D., 2006 – *Immune pathways and defence mechanisms in honey bees Apis mellifera*. - Insect Mol. Biol., 15: 645-656.
- FLORIS I., SATTA A., 2013 – *Il collasso delle colonie e l'apicoltura oggi*. - Atti Acc. Naz. It. Ent. LXI, questo volume: 69-72.
- GENERSCH E., OHE W. VON DER, KAATZ H., SCHROEDER A., OTTEN C., BERG S., RITTER W., GISDER S., MEIXNER M., LIEBIG G., ROSENKRANZ P., 2010 – *The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies*. - Apidologie, 41: 332-352.
- KLEIN A.M., VAISSIÈRE B.E., CANE J.H., STEFFAN-DEWENTER I., CUNNINGHAM S.A., KREMEN C., TSCHARNTKE T., 2007 – *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. - Proc. R. Soc. B, 274: 303-313.
- LEMAITRE B., HOFFMANN J., 2007 – *The host defense of Drosophila melanogaster*. - Annu. Rev. Immunol., 25: 697-743.
- NAZZI F., BROWN S.P., ANNOSCIA D., DEL PICCOLO F., DI PRISCO G., VARRICCHIO P., DELLA VEDOVA G., CATTONARO F., CAPRIO E., PENNACCHIO F., 2012 – *Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies*. - PLoS Pathog., 8, e1002735.
- NEUMANN P., CARRECK N.L., 2010 – *Honey bee colony losses*. - J. Apic. Res., 49: 1-
- RATNIEKS F.L.W., CARRECK N.L., 2010 – *Clarity on honey bee collapse?* - Science, 327: 152-153.
- VAN ENGELSDORP D., EVANS J.D., SAEGERMAN C., MULLIN C., HAUBRUGE E., NGUYEN B.K., FRAZIER M., FRAZIER J., COX-FOSTER D., CHEN Y., UNDERWOOD R., TARPY D.R., PETTIS, J.S., 2009 – *Colony collapse disorder: a descriptive study*. - PLoS ONE 4, e6481.

RELAZIONI TRA MICRORGANISMI E APOIDEI (HYMENOPTERA APOIDEA)

RINALDO NICOLI ALDINI (*)

(*) Istituto di Entomologia e Patologia vegetale, Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza; rinaldo.nicoli@unicatt.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Salute degli Apoidei: dai geni alla colonia". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 febbraio 2013.

Relationships between microorganisms and bees (Hymenoptera Apoidea)

The relationships between microorganisms and bees include very different types of associations or interactions. Pathogens are a very relevant group of microorganisms, establishing an antagonistic and often lethal relationship with the bees, although sometimes the relation is characterized by lower virulence and, in the case of some viruses, also by chronic persistence of the pathogen, in a latent state, through several generations of the host. Some protozoa, fungi, bacteria and viruses are pathogenic for bees. Nowadays much research regarding bee health focuses on some pathogens (the microsporidian *Nosema* as well as the deformed wing virus (DWV) and other viruses) due to their possible correlation with honeybee mortality, colony population decline, colony collapse in a wide sense, and pollinator decline in ecosystems. Singly or in association with each other and, in the case of the honeybee, in connection with infestations by *Varroa destructor*, the pathogens can represent the cause or a contributing factor of these worrying phenomena. Other types of relationships, either helpful, noxious or neutral for the survival and health of bees, are those established with commensal microorganisms, mutualistic symbionts, symbionts manipulating host reproduction, microorganisms associated with cell provisions and, outside the field of bee health, phytopathogenic microorganisms accidentally carried by bees, and microorganisms antagonistic to phytopathogens, associated by man with bees for biological control purposes. The communities of commensals and symbionts hosted in the gut of *Apis mellifera* are particularly noteworthy, as their balance plays an important role in the health of the honeybee, including inhibition of pathogen development.

KEY WORDS: bee pathogens, *Nosema*, viruses, symbiotic bacteria, bee health.

INTRODUZIONE

Le relazioni che intercorrono tra microrganismi e Apoidei sono molteplici ed eterogenee. Microrganismi di primaria importanza sono i patogeni, che stabiliscono con gli Apoidei un rapporto, per lo più temporaneo, di tipo antagonistico, con esito non di rado infausto per l'insetto. Le avversità microbiche di questi Aculeati sono numerose e talora molto gravi a causa dell'elevata infettività e virulenza, tali da comprometterne, in particolare per l'ape mellifera (*Apis mellifera*) (GENERSCH, 2010a; JAMES e LI, 2012), il benessere e la sopravvivenza stessa.

A causa del loro insostituibile ruolo di impollinatori e, nel caso dell'ape e di poche altre specie allevate, anche a motivo del miele e degli altri prodotti forniti, la buona salute degli Apoidei ha ricadute positive di enorme portata, a livello mondiale, sulla salvaguardia degli ecosistemi e della biodiversità, sulla produttività delle colture e sull'economia umana (MICHENER, 2007; MANINO e PORPORATO, 2013). Alcuni Apoidei (soprattutto Apidi del genere *Bombus*, Megachilidi dei generi *Megachile* e *Osmia*) sono allevati e rilasciati in ambiente protetto o in campo per la loro funzione pronuba (MACCAGNANI

e FELICOLI, 2005). Pertanto vi è concreto interesse anche per la patologia microbica di questi altri ausiliari, nonché per le malattie, meno note, di altri pronubi selvatici, ai quali si guarda oggi con crescente attenzione anche a causa della loro attività potenzialmente suppletiva, parzialmente compensatrice dell'attuale crisi demografica delle popolazioni di *A. mellifera* (ROULSTON e GOODELL, 2011).

TIPI DI RELAZIONI

Come si è detto, le relazioni tra microrganismi e Apoidei sono molto eterogenee, vantaggiose, svantaggiose o 'neutre', a seconda dei casi, in ordine alla sopravvivenza e al benessere di questi Imenotteri. Oltre ai microrganismi *patogeni*, di cui si tratterà più oltre, vi sono i *commensali* e i *simbionti mutualisti*, i *simbionti manipolatori riproduttivi*, gli *associati alle provviste* e, a margine perché esulano per lo più dalla tematica della salute degli Apoidei, i *fitopatogeni veicolati da Apoidei*, nonché gli *antagonisti di fitopatogeni* o di *parassiti*, *associati artificialmente ad Apoidei* dall'uomo per finalità di controllo biologico. In particolare, alcuni simbionti possono costi-

tuire una promettente risorsa per il controllo di agenti patogeni degli Apoidei: su di essi convergono oggi ricerche d'interesse anche applicativo.

Commensali, simbiotici mutualisti, manipolatori riproduttivi

Alcuni microrganismi sono commensali di Apoidei o stabiliscono con essi simbiosi mutualistiche. Lo studio di tali associazioni non dannose o vantaggiose per gli Apoidei ha ricevuto impulso soprattutto in anni recenti, grazie anche allo sviluppo di nuove tecniche diagnostiche, applicate principalmente all'ape mellifera e al suo canale alimentare. L'ape ospita nel tratto alimentare una popolazione di microrganismi simbiotici o commensali interagenti tra loro, il cui equilibrio gioca un ruolo importante sulla salute dell'insetto, con implicazioni positive sia sul piano nutrizionale sia per il ruolo svolto nell'inibire lo sviluppo di patogeni (ad esempio *Paenibacillus*, *Melissococcus*), con varie modalità (esclusione competitiva, produzione di sostanze antimicrobiche, modificazione del pH, stimolazione del sistema immunitario) (ALMA e GONELLA, 2012). Fattori biotici e abiotici che perturbano l'equilibrio dei simbiotici possono causare dismicrobismi (disbiosi) e squilibri in grado di favorire l'insorgenza di stati patologici di natura infettiva (HAMDI *et al.*, 2011).

Studi sulla microflora intestinale di *A. mellifera*, mediante tecniche di coltura microbica, hanno evidenziato nel suo tratto alimentare *Bacillus* spp. e altre Enterobatteriacee, miceti dei generi *Penicillium* e *Aspergillus*, nonché lieviti, questi ultimi correlabili a situazioni di stress nell'ospite (GILLIAM, 1997). Indagini fondate anche su metodi diagnostici molecolari indipendenti dalla coltivazione (BABENDREINER *et al.*, 2007; PATIL *et al.*, 2010; ANDERSON *et al.*, 2011) hanno messo in luce una comunità microbica costituita da batteri tra i quali Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes e Actinobacteria; alcuni di questi ultimi sono ben noti per la capacità di produrre sostanze antibiotiche. Di particolare interesse sono microrganismi acidofili quali i batteri acetici e lattici; i lattici esercitano anche nell'ape una funzione utile nel mantenimento di una microflora sana e nell'immunomodulazione. Tra i secondi sono stati identificati nell'intestino di ape mellifera *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (MARTINSON *et al.*, 2011; VÁSQUEZ *et al.*, 2012); tra i batteri acetici sono rappresentati i generi *Gluconobacter*, *Acetobacter*, *Gluconacetobacter*, *Saccharibacter*. L'intestino dell'ape ha alto tasso zuccherino e pH tendenzialmente basso ed è pertanto ambiente ottimale per batteri lattici e acetici. Alterazioni nella composizione della microflora dell'intestino dell'ape, indotte da cause varie, indebolendo il sistema immunitario rendono probabilmente più suscettibile l'insetto a malattie di varia natura (ad esempio

batteriche e virali). Per il contenimento e soprattutto la prevenzione di infezioni batteriche, come la peste americana ed europea, l'uso di batteri probiotici, mediante alimentazione di larve con ceppi di batteri lattici, sembra essere una strategia promettente perché permette di modulare la loro omeostasi intestinale (YOSHIYAMA e KIMURA, 2009; ALMA e GONELLA, 2012).

Anche in *Bombus* e *Osmia* è stata evidenziata una variegata microflora intestinale che include batteri acidofili (MOHR e TEBBE, 2006). Sembra che api e bombi ricavano i batteri acidofili sia ereditandoli 'verticalmente' per via materna, sia acquisendoli e trasmettendoli 'orizzontalmente' da fonti ambientali, ad esempio i fiori (McFREDERICK *et al.*, 2012). Altri batteri comuni e recentemente studiati nel tratto alimentare dell'ape mellifera e di bombi (*Bombus terrestris*), come *Snodgrassella alvi* (Betaproteobacteria) e *Gilliamella apicola* (Gammaproteobacteria), possono essere trasmessi dalla colonia madre alle regine figlie; il contatto sociale con i compagni di nido dopo lo sfarfallamento ne favorisce la trasmissione e diffusione (KOCH *et al.*, 2013).

Altri simbiotici, detti 'egoisti', sono i manipolatori riproduttivi, capaci di influire sulla sessualità e la riproduzione dell'ospite, sbilanciandole a favore della propria trasmissione e diffusione nella popolazione dell'insetto, con vari meccanismi. Si tratta di procarioti intracellulari del genere *Wolbachia* (Rickettsiales), ampiamente diffusi negli artropodi (ALMA e GONELLA, 2012). L'infezione è trasmessa 'verticalmente' per via materna, con il citoplasma dell'uovo. Numerosi generi e specie di Apoidei appartenenti a varie famiglie (Colletidi, Andrenidi, Alittidi, Melittidi, Megachilidi, Apidi) ospitano tali microrganismi, che sembra possano, almeno in certi casi, fornire alcuni vantaggi all'ospite (GERTH *et al.*, 2011).

Microrganismi associati alle provviste

Quelli associati alle provviste sono, secondo i casi, microrganismi dannosi o utili. Le muffe sono un rischio significativo per quasi tutti gli Apoidei. È possibile che le muffe sulle provviste (come anche sulle larve) siano la principale causa di mortalità preimmaginale per molte specie che nidificano nel terreno in climi fresco-umidi (BATRA *et al.*, 1973). La complessa comunità di microrganismi (miceti e batteri) evidenziata, ad esempio, nelle celle pedotrofiche di *Megachile rotundata* può contribuire a favorire la fermentazione delle provviste e lo sviluppo di muffe (GOERZEN, 1991). Per *A. mellifera* è ben nota la 'muffa del polline', provocata dall'Ascomicete *Betsia alvei* (= *Ascosphaera alvei*) le cui spore in condizioni ambientali favorevoli germinano ricoprendo la superficie e invadendo la massa

del polline. In periodo invernale la muffa del polline talora può risultare fatale alla colonia (CONTESSI, 1990; CAMPANO *et al.*, 1999).

Gli Apoidei peraltro possono ridurre preventivamente gli attacchi di muffe o batteri sulle provviste diffondendo una microflora competitiva. Ad esempio, le masse di cibo nelle celle degli Apidi Antoforini *Anthophora* e *Amegilla* sono arricchite di lieviti che svolgono una funzione protettiva (MICHENER, 1974). Il polline raccolto e immagazzinato dalle *Apis* ha una microflora diversa (ricca di miceti e di *Bacillus*) da quella del polline florale (GILLIAM, 1997), ed è in parte preservato grazie all'abbondanza di *Lactobacillus* provenienti, come si è detto, o dalle api stesse o da fonti ambientali: la produzione di acido lattico e la conseguente modifica del pH riducono l'attacco di altri microrganismi, con effetto di inibizione competitiva anche nei riguardi di muffe. Del resto l'alveare può essere pensato come un 'organismo esteso', in cui vi è una comunità di microrganismi simbiotici che circolano in più direzioni tra distretti anatomici dell'ape, covata, riserve alimentari e altre componenti ambientali, fornendo supporto nutrizionale e difendendo dai patogeni (ANDERSON *et al.*, 2011).

Lattobacilli si trovano abbondanti anche nel polline e negli escrementi e detriti presenti nei nidi di altri Apoidei, come gli Alittidi (McFREDERICK *et al.*, 2012). La difesa antimicrobica delle provviste è peraltro realizzata dagli Apoidei anche con altri mezzi e strategie, di natura non microbica (MICHENER, 1974; CANE *et al.*, 1983).

Altre relazioni

Esulano dal tema della salute dei nostri Imenotteri due altre modalità di 'associazione': Apoidei adulti possono essere veicolo di microrganismi fitopatogeni, come è il caso del batterio *Erwinia amylovora*, agente causale del 'colpo di fuoco batterico' delle pomacee (CARPANA *et al.*, 2006; SABATINI *et al.*, 2007). Anche la raccolta e il trasporto accidentale, e quindi la disseminazione, di patogeni fungini è un fenomeno possibile durante la normale attività bottinatrice svolta dai pronubi (BATRA *et al.*, 1973). Una modalità artificiale di associazione, realizzata con intenti applicativi, ha preso avvio in anni recenti, con la sperimentazione e l'impiego di questi insetti per distribuire microrganismi utili o preparati microbiologici per finalità di controllo biologico di avversità microbiche di piante coltivate, in serra o in campo (associazione con microrganismi utili alle colture). Ad esempio, contro *Botrytis cinerea* su fragola, l'uso di *Gliocladium roseum*, veicolato da *A. mellifera* e di *Trichoderma harzianum*, veicolato anche da *B. terrestris* (PENG *et al.*, 1992; BILU *et al.*, 2004; PINNA *et al.*, 2006).

Meritano un cenno anche le recenti sperimentazioni sull'uso di funghi patogeni ad effetto acaricida – in particolare il Deuteromicete *Metarhizium anisopliae* – distribuiti negli alveari per il controllo di *Varroa*, e che sembrano utili nel ridurre i livelli d'infestazione senza influire sull'attività delle api (KANGA *et al.*, 2003, 2006).

MICRORGANISMI PATOGENI

Storicamente la patologia degli insetti, e più in generale quella degli invertebrati, come disciplina di studio affonda le sue radici proprio nella descrizione di alcune avversità biotiche dell'ape, tra le quali anche stati morbosi – dei quali oggi è nota l'eziologia microbica – conosciuti fin dall'antichità (DESEÖ KOVÁCS e ROVESTI, 1992; DAVIDSON, 2012). Ne troviamo testimonianza nei testi di storia naturale di Aristotele (IV sec. a.C.) e nelle opere di alcuni autori latini: le Georgiche di Virgilio (I sec. a.C.), la *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio (I sec. d.C.) e gli scritti dei "rustici" Varrone (II-I sec. a.C.) e Columella (I sec. d.C.), che sono animati anche dall'intento di fornire suggerimenti pratici, come, ad esempio, distinguere api sane da api malate per non incorrere in acquisti inopportuni. Nel tardo Rinascimento Ulisse Aldrovandi (ALDROVANDUS, 1602) riepilogava nel *De Animalibus Insectis*, anche riguardo all'ape, il sapere consolidatosi in età classica e recuperato dall'umanesimo scientifico del Cinquecento, ancora ligio al principio di autorità (BODENHEIMER, 1928-29; NICOLI ALDINI, 2005). Si può affermare che da allora fino alla metà del XIX secolo le conoscenze in tema di patologia degli invertebrati hanno riguardato particolarmente l'ape mellifera e, ancor di più, un altro insetto di primaria importanza per l'uomo: il baco da seta.

Oggi l'interesse per i patogeni degli Apoidei verte soprattutto su malattie da microsporidî e da virus, che possono correlarsi non solo con i fenomeni preoccupanti, a diffusione mondiale, di morie d'api, spopolamento di alveari, collasso delle colonie in senso lato, ma in parte anche con il lamentato declino dei pronubi selvatici (*Bombus* spp., ecc.). Questi fenomeni ad eziologia complessa sono influenzati da fattori sia abiotici sia biotici, senza contare gli effetti delle attività umane. Tra i fattori biotici si annoverano anche taluni patogeni (*Nosema* e virus), da soli o in associazione tra loro o anche, nel caso dell'ape mellifera, con avversità parassitarie come la varroasi (HAUBRUGE *et al.*, 2006; BORTOLOTTI *et al.*, 2009; GENERSCH, 2010a; JAMES e LI, 2012).

Le note che seguono mirano a focalizzare principalmente alcuni aspetti salienti di affezioni micro-

biche comuni o di preoccupante attualità, e dei loro agenti.

Protozoi

Tra i Protozoi patogeni si annoverano i generi *Malpighamoeba* (Amoebozoa), *Crithidia* (Euglenozoa) e *Apicystis* (Apicomplexa); causano stati di malattia che si manifestano negli Apoidei adulti.

L'amebiasi dell'ape mellifera, causata da *Malpighamoeba mellificae*, non di rado insorge in concomitanza con l'infezione da *Nosema*, accentuandone la gravità, con sintomatologia simile e propagazione mediante circuito oro-fecale. *Crithidia mellificae* si localizza nel piloro delle api adulte, con danni peraltro modesti o nulli per l'ospite. *C. bombi* è invece ritenuta una possibile concausa del declino dei bombi (*Bombus* spp.), soprattutto in relazione con il loro allevamento e l'importazione per l'impollinazione in serra, ma sembra avere minore virulenza rispetto a *Nosema*. Oltre che 'orizzontalmente', si trasmette anche 'verticalmente', per via matrificiale, e può avere un'influenza fortemente negativa sulle dimensioni e la riproduzione delle colonie infette quando queste soffrono privazione di cibo o altre condizioni di stress; può inoltre compromettere anche l'efficienza delle operaie nel foraggiamento (IMHOOF e SCHMID-HEMPEL, 1999; RUIZ-GONZÁLEZ e BROWN, 2006; STEEN e BLOM, 2010; ROULSTON e GOODELL, 2011).

Poco si sa sulla patogenicità di *Apicystis bombi*, che infetta, nei bombi, il canale alimentare e il tessuto adiposo; la trasmissione è matrificiale (STEEN e BLOM, 2010).

Microsporidi

Tradizionalmente inclusi tra i Protozoi, i Microsporidia - comprendenti principalmente, come patogeno per gli Apoidei, il genere *Nosema* - presentano, secondo ricerche di biologia molecolare, maggiori affinità con i miceti unicellulari (HIRT *et al.*, 1999) e sono oggi per lo più ascritti ai Funghi. Le relative malattie si manifestano, come quelle protozooarie sopra citate, in Apoidei adulti.

Nosema apis e soprattutto, attualmente, *N. ceranae* (dotato, per lo meno in alcuni suoi ceppi, di notevole virulenza) sono responsabili della nosemosi (o nosemiassi) dell'ape mellifera. La seconda specie, patogena originariamente di *Apis cerana* e passata in un secondo tempo anche su *A. mellifera* (FRIES, 2010), si è progressivamente diffusa nell'area mediterranea ed è oggi prevalente in Italia. Le api (operaie, fuchi, regine) contraggono l'infezione ingerendo spore del microrganismo col cibo o con feci di api infette (trasmissione 'orizzontale'); il microsporidio si moltiplica nella parete dell'intestino medio. L'evoluzione della malattia, che si accom-

pagna sovente a dissenteria, è infausta e pertanto la colonia colpita si spopola progressivamente. La nosemosi è condizionata da variabili ambientali, tra cui il clima e l'andamento stagionale; molti altri fattori ne favoriscono la diffusione. Quadri di spopolamento degli alveari o collasso delle colonie sono stati talvolta attribuiti a *N. ceranae*, eventualmente in associazione con virus e con *V. destructor*. In Sud-America *N. ceranae* è stato segnalato anche in *Bombus* spp. (PLISCHUK *et al.*, 2009).

N. bombi, che può infettare colonie di *Bombus* spp. di campo e del commercio, localizzandosi non solo nell'intestino medio dell'insetto, ma anche nei tubi malpighiani e nei tessuti adiposo e nervoso, è un potenziale corresponsabile del declino di questi pronubi, con un impatto però differente a seconda delle specie: ad esempio, in Europa è più temibile per *B. lucorum*, meno per *B. terrestris* (è possibile l'infettività crociata tra specie diverse di bombi). L'allevamento di bombi, la loro diffusione in nuove aree e l'introduzione in serra per l'impollinazione sono fattori favorenti la diffusione della malattia. Questo microsporidio si trasmette 'orizzontalmente', secondo un circuito oro-fecale; ad assumerne le spore sono le larve. L'infezione riduce la longevità degli individui e può azzerare la fitness dei giovani maschi adulti e delle giovani regine (IMHOOF e SCHMID-HEMPEL, 1999; OTTI e SCHMID-HEMPEL, 2007; STEEN e BLOM, 2010; ROULSTON e GOODELL, 2011).

Un microsporidio descritto di recente, *Antonospora scoticae*, colpisce l'Andrenide *Andrena scotica* (FRIES *et al.*, 1999).

Ascomiceti

Di un certo rilievo sono alcune specie di funghi Ascomiceti del genere *Ascosphaera*, patogene per *A. mellifera* o altri Apoidei quali *Osmia* e *Megachile*, e del genere *Aspergillus*, responsabili dell'aspergillosi dell'ape.

Ascosphaera apis causa l'ascosferiosi o 'covata calcificata' dell'ape mellifera (CHRISTENSEN e GILLIAM, 1983; CAMPANO *et al.*, 1999). Esplosioni di questa malattia sono correlate a cattive condizioni ambientali, come ad esempio il freddo. La conseguenza è lo spopolamento progressivo della colonia; tuttavia l'affezione raramente uccide l'intera colonia, e può anche regredire spontaneamente. *Ascosphaera aggregata* è responsabile invece dell'ascosferiosi o covata calcificata in *Megachile*. È il patogeno più comune per le forme giovanili di *M. rotundata*, specie eurasiatica solitaria, introdotta in Nord America dove è utilizzata e commercializzata come impollinatore della medica, e dove in passato la malattia è stata devastante. Le larve morte ripiene di spore di *A. aggregata* sono la fonte del perdurare e del diffondersi dell'infezione: gli adulti dell'insetto, venen-

done a contatto, si impolverano di spore già allo sfarfallamento e possono poi contaminare le provviste della loro stessa prole o altri conspecifici. Le due specie di *Ascosphaera* non danno luogo a infezioni crociate tra *Megachile* e *Apis* (VANDENBERG *et al.*, 1980; PITTS-SINGER e CANE, 2011).

Meno frequente dell'ascosferiosi, l'aspergilloso, detta 'covata pietrificata' dell'ape mellifera, è sostenuta da *Aspergillus flavus* e altre specie congeneri. Colpisce le larve e più raramente anche le api adulte. Come l'ascosferiosi, è una malattia diffusa soprattutto in ambienti umidi; la sua insorgenza è favorita da altri fattori che compromettano seriamente il benessere della colonia (CONTESSI, 1990; CAMPANO *et al.*, 1999; FOLEY *et al.*, 2012).

Batteri

Peste americana e peste europea sono le due affezioni batteriche più note e diffuse per l'ape mellifera, a livello mondiale (GENERSCH, 2010a), e colpiscono anche *A. cerana*. Altre malattie batteriche di *A. mellifera*, come il mal di maggio, hanno minore frequenza, diffusione o gravità.

Malattia della covata, causata dal batterio sporigeno e Gram-positivo *Paenibacillus larvae*, la peste americana non regredisce mai spontaneamente ed è comunemente letale. La trasmissione e diffusione possono verificarsi attraverso il saccheggio di colonie malate da parte di colonie sane, con assunzione di spore, o anche con la sciamatura da colonie malate, cosicché le api possono trasportare spore e diffonderle. Inoltre ne favoriscono la diffusione sia le pratiche apistiche non corrette sia le operaie stesse che, pulendo le celle colpite, si imbrattano di spore, capaci di resistere nell'ambiente per decenni (ASHIRALIEVA e GENERSCH, 2006; GENERSCH, 2010b). Della peste europea è responsabile un altro Gram-positivo, *Melissococcus plutonius* (= *M. pluton*) (STEEN e BLOM, 2010). La malattia subentra in condizioni di carenze alimentari e di stato di salute non ottimale della colonia: una concomitante infestazione di *Varroa* la facilita. In un secondo tempo si associano facilmente batteri saprofiti. Talora può regredire spontaneamente. Le operaie che puliscono le celle contribuiscono a diffonderla, così come certe pratiche apistiche (GENERSCH, 2010a).

Come detto più sopra, l'uso di batteri probiotici sembra promettente ai fini della prevenzione di queste affezioni, perché permette di modulare l'omeostasi intestinale delle larve (ALMA e GONELLA, 2012).

Virus

Tra le cause o concause dei fenomeni di indebolimento e spopolamento degli alveari, mortalità e collasso delle colonie in senso lato, possono avere importanza alcune virosi, o singolarmente o in associa-

zione tra loro, con altre infezioni e soprattutto in correlazione con infestazioni di *V. destructor* (PENNACCHIO e NAZZI, 2013).

I virus patogeni per *A. mellifera* attualmente noti sono oltre una quindicina; si conoscono inoltre alcuni virus patogeni anche o soltanto per altre specie di *Apis* (ad esempio *A. cerana*) o per altri Apoidei (*Bombus* spp., ecc.) (JAMES e LI, 2012). I virus possono colpire sia la casta fertile che quella sterile dell'ape mellifera e tutti i suoi stadi di sviluppo, causando stati patologici diffusi in tutta la colonia o limitati a una parte della stessa (CARPANA, 2008). Le modalità di trasmissione accertate nell'ape sono diverse: trasmissione 'sessuale' da fuco a regina con l'accoppiamento, trasmissione 'verticale' (transovarica) da regina a prole, trasmissione 'orizzontale', con varie modalità, tra individui adulti della colonia, nonché da adulti a stadi giovanili (CHEN e SIEDE, 2007).

Data la complessità dei rapporti tra virus e ospite-vittima, la persistenza e patogenicità del microrganismo nell'insetto e il grado di evidenza clinica della malattia sono alquanto variabili: infezioni croniche subcliniche possono essere sostenute anche da più virus in associazione e mantenersi nelle colonie per più generazioni; alcune infezioni virali hanno manifestazioni subdole (rallentamento dello sviluppo delle colonie, riduzione di longevità degli adulti, debilitazione e perdite di produttività che si manifestano solo a distanza di tempo). Processi infettivi acuti a volte fatali, per la moltiplicazione rapida del virus in stadi od organi sensibili, invece, insorgono talvolta improvvisamente. Fattori diversi capaci di interferire con le difese immunitarie dell'insetto, comprese le infezioni virali stesse, sono in grado di indurre la replicazione e virulentazione. I quadri clinici sono per lo più aspecifici (CARPANA, 2008; GENERSCH, 2010a; PENNACCHIO e NAZZI, 2013).

Le conseguenze più pesanti dell'attacco di *Varroa* a colonie d'api, spesso, sono l'effetto non dell'azione diretta dell'acaro, ma dello sviluppo di infezioni virali innescate dall'acaro stesso, che può esserne il vettore e/o l'attivatore, inducendo nell'ape immunosoppressione e dunque indirettamente moltiplicazione del patogeno, che passa da uno stato di latenza a uno stato di virulenza conclamata (NAZZI, 2008). In proposito sono da citare soprattutto le infezioni sostenute dal virus delle ali deformi (DWV), più volte chiamato in causa per episodi di collasso delle colonie in senso lato, e che di recente è stato evidenziato anche in *Bombus*, con quadro sintomatologico analogo a quello dell'ape (GENERSCH *et al.*, 2006; STEEN e BLOM, 2010); tuttavia anche altri virus possono essere correlati a fenomeni di rapido spopolamento di alveari. In Italia monitoraggi svolti in anni recenti (MUTINELLI *et al.*, 2011) hanno evidenziato in tutte le regioni, singolarmente in apiario

o anche in varie combinazioni, la presenza di vari virus tra i quali: virus delle ali deformi (DWV), della cella reale nera (BQCV), della covata a sacco (SBV), della paralisi cronica (CBPV), della paralisi acuta (ABPV), virus Kashmir (KBV), virus israeliano della paralisi acuta (IAPV).

NOTE CONCLUSIVE

Tra le varie modalità di interazione tra microrganismi e Apoidei, la relazione antagonistica patogeno-vittima indubbiamente ha rilevanza primaria. Tra i molti aspetti di attualità inerenti al tema spiccano le ricerche sui virus patogeni che, interferendo con le difese degli Apoidei, li rendono più suscettibili alle infezioni, come anche i casi di sovrapposizione e interazione di più infezioni diverse, eventualmente in associazione – nel caso di *A. mellifera* – con infestazioni di *V. destructor*, anch'essa in grado di interferire con le difese immunitarie, con aggravamento delle condizioni di malattia. Rimarchevoli, inoltre, sono i fenomeni di spostamento di ospite (host shift) da parte di un patogeno, dai quali possono sortire in breve tempo problemi nuovi e inattesi. È opportuno che la ricerca sui patogeni sappia guardare con attenzione, oltre che all'ape mellifera, anche ad altri Apoidei sui quali convergono oggi anche notevoli interessi applicativi. In proposito non va taciuto, per il rischio di diffusione di patogeni tra pronubi di allevamento e selvatici, il pericolo rappresentato da commercio, importazione, introduzione di *Bombus* spp. in nuovi Paesi, in assenza di specifiche normative e controlli.

Non bisogna dimenticare, inoltre, che nella crisi degli impollinatori negli agroecosistemi possono entrare in causa anche fattori diversi dalle malattie infettive, singolarmente o in combinazione tra loro e con esse, con possibili effetti sinergici: frammentazione degli habitat per urbanizzazione, cambiamento di destinazione del suolo, rotazione delle colture, mutamenti nelle pratiche agronomiche, tendenza alla monocoltura intensiva, tossicità da insetticidi e altri agrofarmaci, impatto dei cambiamenti climatici anche per perdita di sovrapposizione tra areali degli impollinatori da un lato, piante e fioriture competenti dall'altro (phenological disruption), ecc. (HAUBRUGE *et al.*, 2006; MEMMOTT *et al.*, 2007; GRÜNEWALD, 2010).

Accanto al settore della patologia microbica, sono in espansione le ricerche sui microrganismi che stabiliscono con gli Apoidei tipi differenti di relazione, talora utili. Si tratta di un campo d'indagine sul quale pure convergono interessi pratici. Promettenti possibilità applicative sembrano derivare, ad esempio,

dal progresso delle conoscenze su associazioni di tipo mutualistico, vantaggiose anche per l'insetto. È il caso delle applicazioni (uso di probiotici) che la ricerca sui microrganismi associati all'ape mellifera e sul ruolo di questi nel mantenere la salute della colonia pare poter fornire, in prospettiva, ai fini della prevenzione di gravi avversità ad eziologia batterica, come la peste americana.

Più in generale meritano attenzione di ricerca le comunità di simbiotici ubicati nei vari distretti non solo dell'alveare e del corpo dell'ape mellifera, ma anche nei pronubi selvatici, nei loro nidi e provviste, perché la circolazione pluridirezionale di tali microrganismi e la composizione delle loro comunità ivi insediate possono giocare un ruolo significativo per il benessere, la difesa dai patogeni e la salute di questi Imenotteri.

RIASSUNTO

Le relazioni tra microrganismi e Apoidei comprendono tipi assai differenti di associazione o interazione. Una categoria di primaria importanza di microrganismi è quella dei patogeni, che stabiliscono con l'insetto un rapporto di tipo antagonistico spesso letale, talora invece caratterizzato da minore virulenza e, nel caso di certi virus, anche da cronica persistenza latente per più generazioni dell'ospite. Patogeni per gli Apoidei sono vari protozoi, miceti, batteri, virus. Su alcuni di questi (il microsporidio *Nosema*, il virus delle ali deformi (DWV) e alcuni altri virus) si incentra oggi l'attenzione della ricerca apistica in relazione ai fenomeni di morte d'api, spopolamento degli alveari, collasso delle colonie in senso lato, crisi degli impollinatori; fenomeni di cui questi agenti possono essere causa o concausa, singolarmente o in associazione tra loro e, nel caso dell'ape mellifera, in correlazione con infestazioni di *Varroa destructor*. Altri tipi di relazioni, di segno positivo o negativo o neutro, a seconda dei casi, in ordine alla sopravvivenza e al benessere degli Apoidei, sono quelli stabiliti con i microrganismi commensali e i simbiotici mutualisti, i simbiotici manipolatori riproduttivi, gli associati alle provviste e, al di fuori della tematica della salute degli Apoidei, i fitopatogeni veicolati da Apoidei nonché gli antagonisti di fitopatogeni associati artificialmente dall'uomo ad Apoidei per finalità di controllo biologico. Di sicuro interesse sono le comunità di simbiotici o commensali che *Apis mellifera* ospita nel canale alimentare, comunità il cui equilibrio gioca un ruolo importante sulla salute dell'insetto anche grazie all'inibizione dello sviluppo di patogeni.

BIBLIOGRAFIA

- ALDROVANDUS U., 1602 – *De animalibus insectis libri septem, cum singulorum iconibus ad vivum expressis*. Bononiae, apud Ioan. Baptistam Bellagambam, (10)+767+(45) pp.
- ALMA A., GONELLA E., 2012 – *I microrganismi simbiotici: una risorsa per il controllo di agenti patogeni e insetti dannosi*. – Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., LX: 159-172.
- ANDERSON K.E., SHEEHAN T.H., ECKHOLM B.J., MOTT B.M., DEGRANDI-HOFFMAN G., 2011 – *An emerging paradigm of colony health: microbial balance of the honey*

- bee and hive* (*Apis mellifera*). - Insect. Soc., 58 (4): 431-444.
- ASHIRALIEVA A., GENERSCH E., 2006 – *Reclassification, genotypes and virulence of Paenibacillus larvae, the etiological agent of American foulbrood in honeybees – a review*. - Apidologie, 37 (4): 411-420.
- BABENDREINER D., JOLLER D., ROMEIS J., BIGLER F., WIDMER F., 2007 – *Bacterial community structures in honeybee intestines and their response to two insecticidal proteins*. - FEMS Microbiol. Ecol., 59 (3): 600-610.
- BATRA L.R., BATRA S.W.T., BOHART G.E., 1973 – *The mycoflora of domesticated and wild bees* (Apoidea). - Mycopathol. Mycol. Appl., 49 (1): 13-44.
- BILU A., RAV DAVID D., DAG A., SHAFIR S., ABU-TOAMY M., ELAD Y., 2004 – *Using honeybees to deliver a biocontrol agent for the control of strawberry Botrytis cinerea-fruit rots*. - Management of plant diseases and arthropod pests by BCAs, IOBC/wprs Bull., 27 (8): 17-21.
- BODENHEIMER F.S., 1928-29 – *Materialien zur Geschichte der Entomologie bis Linné*. W. Junk, Berlin, vol. I: X+498 pp.; vol. II: 486 pp.
- BORTOLOTTI L., PORRINI C., MUTINELLI F., POCHI D., MARINELLI E., BALCONI C., NAZZI F., LODESANI M., SABATINI A.G., 2009 – *Salute delle api: analisi dei fattori di rischio. Il progetto Apenet*. - APOidea 6 (1): 2-21.
- CAMPANO F., FLORES J.M., PUERTA F., RUIZ J.A., RUIZ J.M., 1999 – *Fungal diseases of the honeybee* (*Apis mellifera* L.). In: Bee disease diagnosis, Colin M.E., Ball B.V. & Kilani M., Ed., CIHEAM, Zaragoza (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 25), pp. 61-68.
- CANE J.H., GERDIN S., WIFE G., 1983 – *Mandibular gland secretions of solitary bees* (Hymenoptera: Apoidea): *potential for nest cell disinfection*. - J. Kansas Entom. Soc., 56 (2): 199-204.
- CARPANA E., 2008 – *I virus delle api*. - APOidea, 5 (3): 99-116.
- CARPANA E., ALEXANDROVA M., BAZZI C., PORRINI C., MASSI S., FERRO A., SABATINI A.G., 2006 – *Sopravvivenza di Erwinia amylovora nelle api* (*Apis mellifera* L.), *nell'alveare e nei suoi prodotti*. - APOidea, 3 (2): 85-96.
- CHEN Y.P., SIEDE R., 2007 – *Honey bee viruses*. - Adv. Virus Res., 70: 33-80.
- CHRISTENSEN M., GILLIAM M., 1983 – *Notes on the Ascosphaera species inciting chalkbrood in honey bees*. - Apidologie, 14 (4): 291-297.
- CONTESSI A., 1990 – *Le api. Biologia, allevamento, prodotti*. Ed. Agricole, Bologna, 2ª ed., XVI+317 pp.
- DAVIDSON E.W., 2012 – *History of Insect pathology*. In: Insect pathology, Vega F.E. & Kaya H.K., Ed., Elsevier, Amsterdam, 2ª ed., pp. 13-28.
- DESEÖ KOVÁCS K.W., ROVESTI L., 1992 – *Lotta biologica contro i fitofagi - Teoria e pratica*. Edagricole, Bologna, XX+296 pp.
- FOLEY K., FAZIO G., JENSEN A.B., HUGHES W.O.H., 2012 – *Nutritional limitation and resistance to opportunistic Aspergillus parasites in honey bee larvae*. - J. Invertebr. Pathol., 111: 68-73.
- FRIES I., 2010 – *Nosema ceranae in European honey bees* (*Apis mellifera*). - J. Invertebr. Pathol., 103: 573-579.
- FRIES I., PAXTON R.J., TENGÖ J., SLEMENDA S.B., DA SILVA A.J., PIENIAZIEK N.J., 1999 – *Morphological and molecular characterization of Antonospora scoticae n. gen., n. sp.* (Protozoa, Microsporidia) *a parasite of the communal bee, Andrena scotica Perkins, 1916* (Hymenoptera, Andrenidae). - Eur. J. Protistol., 35 (2): 183-193.
- GENERSCH E., 2010a – *Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping*. - Appl. Microbiol. Biotechnol., 87 (1): 87-97.
- GENERSCH E., 2010b – *American foulbrood in honeybees and its causative agent, Paenibacillus larvae*. - J. Invertebr. Pathol., 103: 510-519.
- GENERSCH E., YUE C., FRIES I., DE MIRANDA J.R., 2006 – *Detection of Deformed wing virus, a honey bee viral pathogen, in bumble bees* (*Bombus terrestris* and *Bombus pascuorum*) *with wing deformities*. - J. Invertebr. Pathol., 91 (1): 61-63.
- GERTH M., GEISLER A., BLEIDORN C., 2011 – *Wolbachia infections in bees* (*Anthophila*) *and possible implications for DNA barcoding*. - Syst. Biodivers., 9 (4): 319-327.
- GILLIAM M., 1997 – *Identification and roles of non-pathogenic microflora associated with honey bees*. - FEMS Microbiol. Lett., 155 (1): 1-10.
- GOERZEN D.W., 1991 – *Microflora associated with the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata (Fab.)* (Hymenoptera: Megachilidae) *in Saskatchewan, Canada*. - Apidologie, 22: 553-561.
- GRÜNEWALD B., 2010 – *Is pollination a risk? Current threats to and conservation of bees*. - GAIA – Ecol. Perspect. Sci. Soc., 19 (1): 61-67.
- HAMDI C., BALLOI A., ESSANAA J., CROTTI E., GONELLA E., RADDADI N., RICCI I., BOUDABOUS A., BORIN S., MANINO A., BANDI C., ALMA A., DAFFONCHIO D., CHERIF A., 2011 – *Gut microbiome dysbiosis and honeybee health*. - J. Appl. Entomol., 135: 524-533.
- HAUBRUGE E., NGUYEN B.K., WIDART J., THOMÉ J.-P., FICKERS P., DEPAUW E., 2006 – *Le dépérissement de l'abeille domestique, Apis mellifera L., 1758* (Hymenoptera: Apidae): *faits et causes probables*. - Notes Faun. Gembloux, 59 (1): 3-21.
- HIRT R.P., LOGSDON J.M. JR, HEALY B., DOREY M.W., DOOLITTLE W.F., EMBLEY M.T., 1999 – *Microsporidia are related to Fungi: evidence from the largest subunit of RNA polymerase II and other proteins*. - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96 (2): 580-585.
- IMHOOF B., SCHMID-HEMPER P., 1999 – *Colony success of the bumble bee, Bombus terrestris, in relation to infections by two protozoan parasites, Crithidia bombi and Nosema bombi*. - Insect Soc., 46 (3): 233-238.
- JAMES R.R., LI Z., 2012 – *From silkworm to bees: diseases of beneficial insects*. In: Insect pathology, Vega F.E. & Kaya H.K., Ed., Elsevier, Amsterdam, 2ª ed., pp. 425-459.
- KANGA L.H., JONES W.A., GRACIA C., 2006 – *Efficacy of strips coated with Metarhizium anisopliae for control of Varroa destructor* (Acari: Varroidae) *in honey bee colonies in Texas and Florida*. - Exp. Appl. Acarol., 40 (3-4): 249-258.
- KANGA L.H.B., JONES W.A., JAMES R.R., 2003 – *Field trials using the fungal pathogen, Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes: Hypomycetes) *to control the ectoparasitic mite, Varroa destructor* (Acari: Varroidae) *in honey bee, Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies. - J. Econ. Entomol., 96 (4): 1091-1099.
- KOCH H., ABROL D.P., LI J., SCHMID-HEMPER P., 2013 – *Diversity and evolutionary patterns of bacterial gut associates of corbiculate bees*. - Mol. Ecol., 22 (7): 2028-2044.
- MACCAGNANI B., FELICOLI A., 2005 – *Allevamento e utilizzo di apoidei: problematiche e prospettive*. - APOidea, 2 (2): 85-96.

- MANINO A., PORPORATO M., 2013 – *Api selvatiche: importanza e problematiche*. - Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., LXI, questo volume: 73-75.
- MARTINSON V.G., DANFORTH B.N., MINCKLEY R.L., RUEPPELL O., TINGEK S., MORAN N.Y., 2011 – *A simple and distinctive microbiota associated with honey bees and bumble bees*. - Mol. Ecol., 20: 619-628.
- McFREDERICK Q.S., WCISLO W.T., TAYLOR D.R., ISHAK H.D., DOWD S.E., MUELLER U.G., 2012 – *Environment or kin: whence do bees obtain acidophilic bacteria?* - Mol. Ecol., 21: 1754-1768.
- MEMMOTT J., CRAZE P.G., WASER N.M., PRICE M.V., 2007 – *Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions*. - Ecol. Lett., 10: 1-8.
- MICHENER C.D., 1974 – *The social behavior of the bees. A comparative study*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, XII+404 pp.
- MICHENER C.D., 2007 – *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2° Ed., XVI+(2)+953 pp.
- MOHR K.I., TEBBE C.C., 2006 – *Diversity and phylotype consistency of bacteria in the guts of three bee species (Apoidea) at an oilseed rape field*. - Environ. Microbiol., 8 (2): 258-272.
- MUTINELLI F., GRANATO A., GALLINA A., LEARDINI S., MANZINELLO C., PIVA E., CALDON M., FALCARO C., PORRINI C., 2011 – *La rete nazionale di monitoraggio del progetto APENET*. - Atti XXIII Congr. Naz. Ital. Entomol., Genova, 13-16 giugno 2011, p. 101.
- NAZZI F., 2008 – *Varroa e CCD: considerazioni sul possibile ruolo di Varroa destructor nella sindrome del collasso della colonia*. - APOidea, 5 (2): 64-69.
- NICOLI ALDINI R., 2005 – *Ricordando Ulisse Aldrovandi nel quarto centenario della morte*. - APOidea, 2 (3): 158-161.
- OTTI O., SCHMID-HEMPEL P., 2007 – *Nosema bombi: a pollinator parasite with detrimental fitness effects*. - J. Invertebr. Pathol., 96: 118-124.
- PATIL P.B., ZENG Y., COURSEY T., HOUSTON P., MILLER I., CHEN S., 2010 – *Isolation and characterization of a Nocardiosis sp. from honeybee guts*. - FEMS Microbiol. Lett., 312 (2): 110-118.
- PENG G., SUTTON J.C., KEVAN P.G., 1992 – *Effectiveness of honey bees for applying the biocontrol agent Gliocladium roseum to strawberry flowers to suppress Botrytis cinerea*. - Can. J. Plant Pathol., 14 (2): 117-129.
- PENNACCHIO F., NAZZI F., 2013 – *Agenti di stress e collasso delle colonie d'api*. - Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., LXI questo volume: 77-81.
- PINNA M., GAMBA U., SPAGNOLO S., 2006 – *Impiego di Bombus terrestris per la diffusione di antagonisti naturali di Botrytis cinerea in ambienti protetti coltivati a fragola*. - Notiz. Protez. Piante, 18 (2004): 15-21.
- PITTS-SINGER T.L., CANE J.H., 2011 – *The alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata: the world's most intensively managed solitary bee*. - Ann. Rev. Entomol., 56: 221-237.
- PLISCHUK S., MARTÍN-HERNÁNDEZ R., PRIETO L., LUCÍA M., BOTÍAS C., MEANA A., ABRAHAMOVICH A.H., LANGE C., HIGES M., 2009 – *South American native bumblebees (Hymenoptera: Apidae) infected by Nosema ceranae (Microsporidia), an emerging pathogen of honeybees (Apis mellifera)*. - Environ. Microbiol. Rec., 1 (2): 131-135.
- ROULSTON T.H., GOODELL K., 2011 – *The role of resources and risks in regulating wild bee populations*. - Ann. Rev. Entomol., 56: 293-312.
- RUIZ-GONZÁLEZ M.X., BROWN M.J.F., 2006 – *Honey bee and bumblebee trypanosomatids: specificity and potential for transmission*. - Ecol. Entomol., 31: 616-622.
- SABATINI A.G., CARPANA E., PORRINI C., 2007 – *L'ape e la diffusione di Erwinia amylovora*. - Proc. XXI Congr. Naz. Ital. Entomol., Campobasso 11-16 giugno 2007, p. 115.
- STEEN J.J.M. VAN DER, BLOM M.P.K., 2010 – *Pathogen transmission in insect pollinators*. Plant Research International, Business Unit 'Biointeracties en Plantgezondheid', Wageningen, 35 pp.
- VANDENBERG J.D., FICHTER B.L., STEPHEN W.P., 1980 – *Spore load of Ascospaera species on emerging adults of the alfalfa leafcutting bee, Megachile rotundata*. - Appl. Environ. Microbiol., 39 (3): 650-655.
- VÁSQUEZ A., FORSGREN E., FRIES I., PAXTON R.J., FLABERG E., SZEKELY L., OLOFSSON T.O., 2012 – *Symbionts as major modulators of insect health: lactic acid bacteria and honeybees*. - PLoS ONE, 7 (3): 1-9.
- VEGA F.E., KAYA H.K. (Ed.), 2012 – *Insect Pathology*. Elsevier, Amsterdam, 2° ed., XVIII+490 pp.
- YOSHIYAMA M., KIMURA K., (Ed.), 2009 – *Bacteria in the gut of Japanese honeybee, Apis cerana japonica, and their antagonistic effect against Paenibacillus larvae, the causal agent of American foulbrood*. - J. Invertebr. Pathol., 102: 91-96.

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE 7 GIUGNO 2013

Tavola Rotonda su:

LE COCCINIGLIE DELLE PIANTE COLTIVATE:
NUOVE ACQUISIZIONI E POSSIBILI STRATEGIE DI CONTROLLO

Coordinatori:

GIUSEPPINA PELLIZZARI e AGATINO RUSSO, Accademici

INTEGRATION OF MEALYBUG SEX PHEROMONES IN MANAGEMENT STRATEGIES: REPRODUCTIVE BIOLOGY STUDIES AND APPLIED RESEARCH

ZVI MENDEL (*) - HOFIT KOL-MAIMON (*) - MURAD GANIM (*) - JOSÉ CARLOS FRANCO (**)
ELSA BORGES DA SILVA (**) - POMPEO SUMA (***)

(*) *Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250, Israel*

(**) *Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal*

(***) *Università degli Studi di Catania, Italia*

Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo" Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

SYNTHESIS – Mealybugs (Hemiptera, Pseudococcidae) are the second largest family of scale insects (Coccoidea), with more than 2,000 described species (about 28% of the scale insect species). They include many economically important pests; most of these are invasive species (Fig. 1). The marked sexual dimorphism, neotenic apterous females vs winged males, in scale insects reaches extremes in this family. The males use long range pheromone cues to locate the females. Mealybug management largely relies on the use of nonselective insecticides. However, this strategy is often ineffective and poses many environmental hazards. Biological control of mealybugs has also been constrained by different factors. Therefore, there is a need to develop alternative management tools which are effective, species specific and environmentally safer. Integration of mealybug sex pheromones with natural enemies, through their conservation or enhancement of their activity, offers potential ecologically friendly management alternatives. In order to pursue and to optimize such control tactics, more fundamental information is needed regarding the chemical communication in the mealybug environment, including sex attraction and pheromone-mediated host-parasitoid relationships. Our research has been focusing on two mealybug species, the citrus mealybug, *Planococcus citri* and the vine mealybug, *Planococcus ficus*, as model species. Both species are key pests in a wide range of agricultural crops and share many host plants. They are closely related genetic species and for many decades *P. ficus* has often been misidentified as *P. citri*. In this communication we present information about the mode of inter- and intra-specific pheromone attraction and its geographical variation, with respect to the populations of the vine and the

citrus mealybugs and the kairomonal attraction of two of their principal parasitoids, *Anagyrus* sp. near *pseudococci* and *Leptomastix dactylopii*. We place emphasis on the finding showing the attraction to both *P. ficus* sex pheromones among males of all tested *P. citri* populations but not vice versa, and the presence of 'hybrid females' among *P. citri* populations but not among those of *P. ficus*.

We found evidence of gene flow between *P. citri* and *P. ficus*. These species can be distinguished by morphological, behavioral, and molecular traits. We employed the sex pheromones of each respective species to study their different patterns of male attraction. The occurrence of *P. citri* males attracted to lavandulyl isovalerate, i.e. males attracted to the second compound of the sex pheromone of *P. ficus*, among the East Mediterranean populations of *P. citri* suggests a recent gene flow from *P. ficus* to *P. citri* in this particular area. Lavandulyl isovalerate is the main pheromone compound produced by *P. ficus* populations, and *P. ficus* males attracted to it were found only in East Mediterranean populations (Fig. 2). We also used nuclear ITS2 and mitochondrial COI DNA sequences to characterize populations of the two species, in order to demonstrate the outcome of a possible gene flow between feral populations of these two species. Our results showed attraction of all tested populations of *P. citri* males to *P. ficus* pheromones but not vice versa. Furthermore, ITS2 sequences revealed the presence of 'hybrid females' among *P. citri* populations but not among those of *P. ficus* 'hybrid females' from *P. citri* populations identified as *P. citri* females according to COI sequences. We offer two hypotheses that might account for these results: 1) the occurrence of phenotypic and genotypic traits of *P. ficus* in *P. citri* populations may

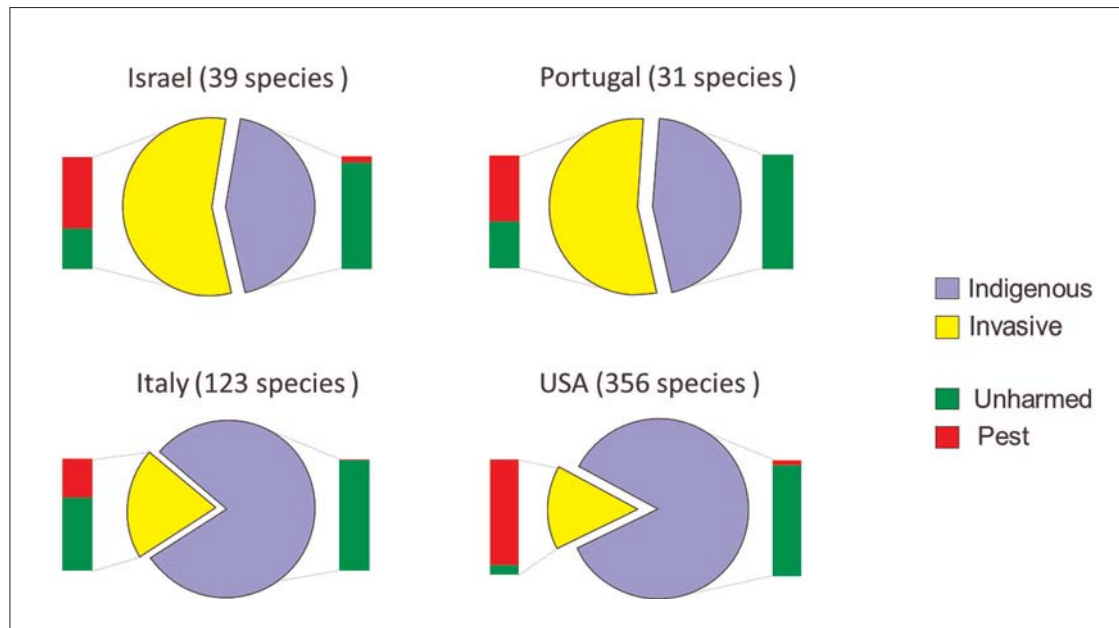


Fig. 1
Comparison of the proportion of mealybug pest species among indigenous and invasive mealybug species in four countries (mainly after Ben Dov 2012; Franco et al. 2011; Longo et al. 1995; Miller et al. 2005; Ben_Dov et al., 2013, and Pellizzari, Mazzeo, Russo, Franco, personal communication).

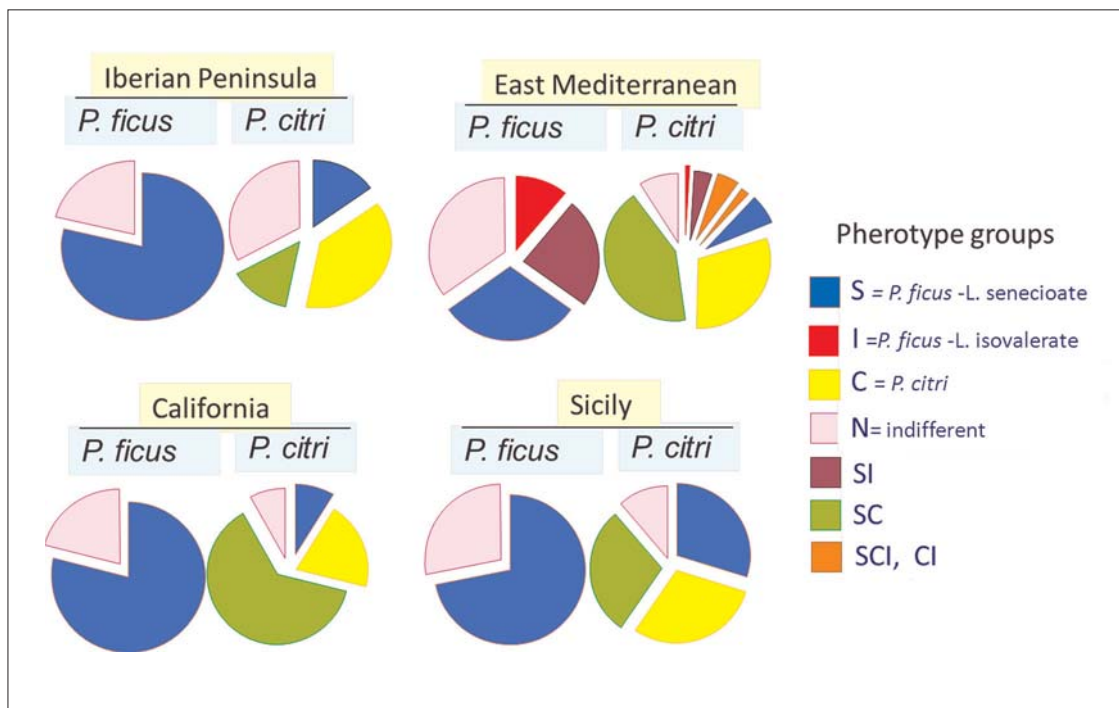


Fig. 2
Male pherotype distribution of *Planococcus citri* and *Planococcus ficus* in four different regions: east Mediterranean (Israel and Turkey) central Mediterranean (Sicily), west Mediterranean (Spain and Portugal) and California. The male pherotypes were characterized according to their specific responses to *P. ficus* and *P. citri* pheromones. The *P. citri* pheromone consists of a single chemical component – (S+)-cis-(1R)-3-isopropenyl-2,2-imethylcyclobutanemethanol acetate (=C) whereas *P. ficus* occurs in populations whose females release one pheromone compound – lavandulyl senecioate (=S) – and in populations whose females release two pheromone compounds (S) and lavandulyl isovalerate (=I). Individual males of the tested populations were exposed the pheromones compounds in no-choice tests, in which the compounds were presented in a random succession of three arenas. The male pherotype was determined according to the specific attraction to each of the three tested compounds. The male can respond to one, two or in few cases to all three compounds. N = no attraction of the males to any of the tested pheromones.

be attributed to both ancient and contemporary gene flow between their populations. 2) We cannot rule out that an ancient sympatric speciation by which *P. ficus* emerged from ‘ancestor type’ of *P. citri* might have led to the present situation of shared traits between these species. In light of these findings we also discuss the origin of the studied species and the importance of the pherotype phenomenon as a tool with which to study genetic relationships between congener scale insects (KOL-MAIAMON *et al.*, 2010; 2014).

REFERENCES

- FRANCO J.C., RUSSO A., MAROTTA S., 2011 – *An annotated checklist of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Portugal, including Madeira and Azores Archipelagos*. - Zootaxa, 3004: 1-32.
- BEN-DOV Y., 2012 – *The scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Israel-checklist, host plants, zoogeographical considerations and annotations on species Israel*. - Journal of Entomology, 41-42: 21-48.
- KOL-MAIMON H., ZADA A., FRANCO J.C., DUNKELBLUM E., PROTASOV A., ELIYAHU M., MENDEL Z., 2010 – *Male behaviors reveal multiple pherotypes within Vine Mealybug Planococcus ficus (Signoret) (Hemiptera; Pseudococcidae) populations*. - Naturwissenschaften, 97:1047-1057 (DOI: 10.1007/s00114-010-0726-3)
- KOL-MAIMON H., GANIM M., FRANCO J.C., MENDEL Z., 2014 – *Evidence for gene flow between two sympatric mealybug species (Insecta; Coccoidea; Pseudococcidae)*. - PLoS One, 9(2): e88433.
- LONGO S., MAROTTA S., PELLIZZARI G., RUSSO A., TRANFAGLIA A., 1995 – *An annotated list of the scale insects (Homoptera: Coccoidea) of Italy*. - Israel Journal of Entomology, 29: 113-130
- MILLER D.R., MILLER G.L., HODGES G.S., DAVIDSON J.A., 2005 – *Introduced scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the United States and their impact on U.S. Agriculture*. - Proceedings of the Entomological Society of Washington, 107(1): 123-158.

L'IMPIEGO DEI SEMIOCHIMICI DI SINTESI NEI PROGRAMMI DI CONTROLLO INTEGRATO DELLE COCCINIGLIE DEGLI AGRUMI

POMPEO SUMA (*) - AGATINO RUSSO (*) - JOSÉ CARLOS FRANCO (**) - ZVI MENDEL (***)

(*) Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agro-alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Catania, via S. Sofia 100, Catania; suma@unict.it

(**) Technical University of Lisbon - Center of Forestry Studies, Portogallo.

(***) Volcani Center, ARO, Bet Dagan 50250, Israele.

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

Semiochemical-based tools for management of the scale insects of Citrus

A brief revision of the insect synthetic semiochemicals applied in IPM of the scale insects infesting cultivated *Citrus* was undertaken. Although more than 300 species of scale insects are worldwide reported on *Citrus*, in Italy only 26 species were recorded as pests and less than 10 are key pests, such as the Citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso), the California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell) and the Oleander scale *Aspidiotus nerii* (Bouché).

Recently, an increased interest was shown by the scientific community on the possibility of managing these pests by means of behavioral modifying synthetic semiochemicals. For instance, the mating disruption technique applied in IPM strategies against the California red scale showed similar results to conventional oil sprays, offering growers an effective and more environmental sustainable control tactic than insecticides. Again, recent studies demonstrated that the application of a synthetic kairomone, is able to increase significantly the rate of parasitism of the citrus mealybug by the solitary endoparasitoid *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci*. Considering that semiochemicals represent an environmentally friendly tool, they have potentially high interest in IPM control programs.

KEY WORDS: pheromones, kairomones, mealybugs, mating disruption, biological control.

INTRODUZIONE

La riduzione dell'impiego dei prodotti di sintesi nella protezione delle piante dagli attacchi dei parassiti è oggi uno dei principali obiettivi da perseguire in una agricoltura qualitativamente orientata al mercato e rispettosa degli ecosistemi naturali. Per anni il ricorso ai mezzi chimici di lotta ha sì permesso di contenere le perdite di produzione ma, al contempo, ha determinato l'insorgenza di tutta una serie di problematiche legate tanto alla salute dell'uomo, in quanto operatore agricolo o consumatore, quanto agli aspetti ambientali. Nell'ottica quindi di un razionale controllo dei principali fitofagi delle piante coltivate, si è assistito nell'ultimo decennio ad un crescente interesse verso la ricerca di tecniche di intervento eco-compatibili e, in tale contesto di certo, i semiochimici, ben si collocano tra gli strumenti di cui dispone l'odierna fitoiatria. Con il termine semiochimici (dal greco *semeion* = segnale) si definiscono quelle sostanze chimiche emesse dagli organismi viventi tali da indurre un comportamento o una risposta fisiologica in altri individui che rece-

piscono il segnale (NORDLUND & LEWIS, 1976; FLINT & DOANE, 1996). Sono altamente efficaci in piccolissime quantità, dell'ordine di frazioni di microgrammo, non sono tossici e, a differenza degli agrofarmaci, non determinano effetti secondari indesiderati a carico di eventuali nemici naturali con i quali possono giungere in contatto (FRANCO *et al.*, 2009).

Questi composti sono di norma classificati in due gruppi a seconda del loro livello di azione; i semiochimici che agiscono a livello intraspecifico sono chiamati feromoni, quelli che entrano in gioco nei rapporti interspecifici sono definiti allelochimici. Inoltre, un'ulteriore suddivisione vede i feromoni classificati in base al comportamento che l'organismo recettore manifesta (es. f. sessuali, f. di aggregazione, f. traccia, etc.) così come gli allelochimici che, in base alla presenza o meno di un vantaggio adattivo delle specie interessate, vengono suddivisi in *allomoni* (vantaggiosi alla specie che li emette), *caïromoni* (benefici alla specie recettiva) e *sinomoni* (quando entrambe le specie traggono un beneficio reciproco). Tuttavia, un singolo segnale chimico può agire sia come feromone che come

allelchimico per cui, la reale separazione di queste due classi, non è sempre possibile. Tra i feromoni che trovano largo impiego nella pratica agro-forestale figurano principalmente quelli sessuali e i feromoni di aggregazione mentre, tra gli allelochimici che trovano interesse applicato, figurano principalmente i cairomoni e i sinomoni.

Dal punto di vista storico, le prime evidenze sulla presenza dei semiochimici quali composti in grado di modificare il comportamento di una specie *target* risalgono agli anni '50 quando BUTENANDT e collaboratori (1959) isolarono, dalle femmine del baco da seta (*Bombix mori* L.), il feromone sessuale. Da qui in avanti presero avvio tutta una serie di studi mirati alla ricerca e alla sintesi chimica di composti ad attività semiochimica che mostravano buone attitudini ai fini del controllo delle specie *target*, tramite cui si è giunti all'identificazione, all'isolamento e alla sintesi dei feromoni di oltre 2000 specie afferenti a circa un centinaio di famiglie diverse (COLAZZA & PERI, 2009). Già dai primi anni '70 infatti, visto l'intensificarsi delle ricerche scientifiche in tale ambito, nacque una nuova disciplina scientifica che mirava ad approfondire le conoscenze sulla comunicazione chimica degli insetti: la chimica ecologica (Insect chemical ecology) (WILSON, 1971). Importanti, in tale contesto, sono gli studi italiani che, già a metà degli anni settanta, hanno dato un contributo significativo alle prime ricerche sui semiochimici quali strumenti applicabili nei programmi di monitoraggio di importanti fitofagi dannosi in agricoltura e, tra questi, le cocciniglie (ROTUNDO & TREMBLAY 1975, 1976, 1981, 1985; TREMBLAY & ROTUNDO, 1978).

Le cocciniglie rappresentano un vasto gruppo di insetti ampiamente diffusi in tutte le zone del mondo e sono spesso un serio problema alla pratica agricola, in quanto in grado di attaccare una vastissima gamma di colture. Presentano aspetti biologici ed ecologici di notevole interesse: sono organismi sedentari, le femmine assicurano protezione alle uova e alle neanidi neonate, manifestando notevoli capacità di adattamento alle piante ospiti e alle condizioni ambientali più avverse (LONGO *et al.*, 1999). Le cocciniglie segnalate su agrumi sono oltre 180 specie, una ventina delle quali risultano ad oggi infeudate agli agrumi in Italia (VEILLEUX, 2001). Le specie più nocive nelle nostre aree sono, attualmente, lo pseudococcino *Planococcus citri* (Risso), i coccini *Saissetia oleae* (Olivier) e *Ceroplastes sinensis* (L.), nonché vari diaspinini, tra i quali *Aonidiella aurantii* (Maskell) (JACAS *et al.*, 2010). Altre specie, quali le cocciniglie basse [*Coccus hesperidum* L. e *C. pseudomagnoliarum* (Kuwana)] e la "bianca-rossa" [*Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan)] non rive-

stono interesse applicato mentre preoccupanti sono, in prospettiva, le segnalate presenze, in areali agrumicoli vocati, dei diaspinini *Unaspis yanonensis* (CAMPOLO *et al.*, 2010) e *Aonidiella citrina* (LONGO *et al.*, 1994) nonché di *Chrysomphalus aonidum* e del coccino *Protopulvinaria pyrififormis* in fase di espansione in Sicilia (CONTI *et al.*, 2013; SUMA & COCUZZA, 2010). In senso ampio, nell'ambito delle strategie di controllo degli insetti infestanti, i semiochimici trovano largo impiego nei programmi di monitoraggio, cattura massale e confusione sessuale. In tale contesto, di seguito, si riportano le principali applicazioni dei semiochimici quali strumenti per la gestione delle infestazioni delle cocciniglie infeudate agli agrumi coltivati.

APPLICAZIONI PRATICHE DELL'IMPIEGO DEI SEMIOCHIMICI PER LA GESTIONE DELLE INFESTAZIONI DELLE COCCINIGLIE IN AGRUMICOLTURA

Monitoraggio

L'applicazione dei feromoni di sintesi è ancora ad oggi in gran parte mirata ai programmi di monitoraggio finalizzati ad intercettare tempestivamente le specie di nuova o temuta introduzione (es. MILLAR, 2012) e per seguire le dinamiche delle popolazioni delle specie già presenti. Relativamente al comparto agrumicolo, molteplici sono i contributi finalizzati all'ottimizzazione dei feromoni sessuali di sintesi delle cocciniglie dannose. A titolo esemplificativo, il corretto impiego delle trappole a feromoni per rilevare l'andamento dei voli maschili di *A. aurantii*, integrato dal calcolo dei gradi giorno, ha permesso di ottenere indicazioni utili ai fini di un oculato impiego dei mezzi chimici e biologici di lotta al diaspino (BENFATTO *et al.*, 1998; ZAPPALÀ *et al.*, 2008; CAMPOS-RIVELA *et al.*, 2012). Ancora, l'impiego dei feromoni sessuali di sintesi di *Pl. citri* ha consentito di definire con buoni risultati la dinamica di popolazione dello pseudococcino nei diversi comprensori agrumetati del globo, permettendo una significativa riduzione del numero dei trattamenti insetticidi effettuati venendo, questi ultimi, attentamente calibrati in stretta relazione alle reale presenza degli stadi giovanili della cocciniglia che, come noto, sono i più suscettibili ai prodotti chimici. Inoltre, considerando la laboriosità dei consueti metodi di monitoraggio delle infestazioni coccidiche che prevedono, tra gli altri, l'accurato esame di specifiche parti delle piante alla ricerca degli stadi vitali delle cocciniglie (FRANCO *et al.*, 2004), è stata più volte indagata la possibilità di definire, tramite le catture dei maschi alle trappole feromo-

niche, una soglia economica di intervento e una procedura per valutare la densità di popolazione delle specie monitorate. In tale contesto però, i diversi autori che hanno affrontato la tematica, concludono che, tanto nel caso della cocciniglia rossa forte, che per il cotonello degli agrumi, la previsione dei livelli di infestazione sui frutti non trova una significativa relazione in rapporto al numero di maschi catturati con le rispettive trappole a feromoni, per cui non è possibile formulare alcun modello previsionale delle dinamiche delle popolazioni delle predette specie (GROUT & RICHARDS, 1991; FRANCO *et al.*, 2001, 2004).

Catture massali

Studi condotti congiuntamente in Italia, Portogallo e Israele hanno dimostrato che, benché la tecnica del *mass trapping* dei maschi di *Pl. citri* in agrumeto possa condurre a una sensibile riduzione delle popolazioni dello pseudococcino, tale risultato non ha determinato un abbassamento significativo dei livelli di infestazione sui frutti (FRANCO *et al.*, 2003; 2004). Anche i tentativi effettuati nei confronti della cocciniglia rossa forte, non hanno dato indicazioni incoraggianti sull'impiego delle trappole a feromoni nei programmi di cattura massale, principalmente a causa della bassa efficacia di cattura e agli elevati costi da affrontare per l'adozione di una tale strategia (AYTA & YUMRUKTEPE, 2001). Alla luce di tali evidenze, la strategia del *mass trapping*, in base ai semiochimici ad oggi disponibili, non trova ancora applicabilità pratica nei programmi di controllo delle cocciniglie degli agrumi.

Confusione e/o disorientamento sessuale

All'impiego dei feromoni per il monitoraggio dei voli e per le catture alle trappole, oggi si va via via affiancando sempre più il loro utilizzo per ostacolare l'accoppiamento di specie dannose impedendo ai maschi della specie *target* di localizzare il feromone naturale emesso dalle femmine conspecifiche, rendendo difficile quindi l'incontro e il conseguente sviluppo della progenie. Diverse sono le tecnologie con le quali è possibile adottare il metodo della confusione sessuale: quello attualmente più in uso prevede l'impiego dei soli erogatori, di diversa tipologia, installati sulla chioma delle piante in densità variabili. Un'altra tecnologia di impiego prevede invece che, il feromone sintetico in forma micro incapsulata, venga distribuito in miscela acquosa in formulazione spray (BALDESSARI *et al.*, 2013). Recentemente, l'impiego di un dispositivo temporizzato in grado di rilasciare dosi costanti e prestabilite del feromone in meleti del Trentino per la lotta alla Carpocapsa

(*Cydia pomonella* L.) ha permesso di ottenere un buon grado di efficacia nel controllo del fitofago permettendo una sensibile riduzione degli interventi insetticidi (ANGELI *et al.*, 2013). Relativamente alle esperienze condotte in merito alle infestazioni coccidiche in agrumeto, interessanti sono i risultati ottenuti in Spagna dove la tecnica è stata impiegata per il controllo delle infestazioni di *A. aurantii*. L'analisi dei diversi componenti del feromone sessuale di sintesi della cocciniglia (ROELOFS *et al.*, 1977), ha permesso di mettere in evidenza come un solo isomero, tra quelli presenti nella formulazione, risultava biologicamente attivo (GIESELMANN *et al.*, 1980). Questi risultati hanno quindi portato allo sviluppo di nuovi metodi di controllo basati sull'impiego dei feromoni quale quello, appunto, della confusione sessuale. Le prime applicazioni del metodo benché abbiano permesso di registrare una sensibile riduzione delle catture dei maschi del diaspio, non hanno prodotto risultati precisi sull'effettiva validità della tecnica (BARZAKAY *et al.*, 1986; HEFETZ *et al.*, 1988). Solo successivamente, grazie alla messa a punto di specifici erogatori mesoporosi del feromone, è stato possibile valutare l'effettiva efficacia del metodo. Infatti VACAS *et al.* (2010) riportano come nelle parcelle trattate con il metodo della confusione, i livelli di infestazione dei frutti ad opera della cocciniglia risultavano significativamente inferiori a quelli dei frutti presenti nelle parcelle testimoni. Inoltre comparando tale metodo con i consueti interventi di controllo chimico, gli stessi autori riportano come il controllo delle popolazioni del fitomizo ottenuto con la tecnica in esame, sia assolutamente comparabile con quello ottenuto impiegando gli oli minerali quali mezzo di lotta senza, peraltro, interferire con l'entomofauna utile.

Attività cairomonale

Indagini approfondite sull'impiego dei semiochimici di sintesi hanno dimostrato come il feromone sessuale di alcune specie di cocciniglie può essere utilizzato dai rispettivi nemici naturali nei processi di localizzazione e selezione dell'ospite. Risposte di tipo cairomonale furono messe in evidenza già a metà degli anni '70 quando ROTUNDO & TREMBLAY (1975) osservarono che, trappole innescate con femmine vergini dello pseudococcino *Pseudococcus calceolariae* (Maskell), catturavano un numero significativo di esemplari dell'encirtide *Tetracnemoidea peregrina* (Compere) (= *Arhopoideus peregrinus*). Più recenti sono le evidenze all'attività cairomonale di alcuni feromoni sessuali di Pseudococcidi nei confronti dei rispet-

tivi parassitoidi. BELL *et al.* (2006, 2008) in prove di campo, riportano come sulle trappole attivate con il feromone sessuale impiegate per il monitoraggio della cocciniglia *Pseudococcus viburni* (Signoret) vi era una significativa presenza di esemplari dell'endoparassitoide *Pseudaphycus maculipennis* Mercet. Indagini effettuate in Italia, hanno dimostrato che, benché sulle trappole a feromoni sessuali di sintesi impiegate in un programma di monitoraggio del cotonello degli agrumi *Pl. citri*, fossero presenti alcuni esemplari dell'encirtide *Anagyrus pseudococci* (Girault), tale fenomeno non era direttamente imputabile alla attività determinata dal feromone di sintesi presente nelle trappole (SUMA *et al.*, 2001); tale dato è stato poi ulteriormente confermato dagli studi elettroantennografici successivamente condotti (SUMA *et al.*, 2002). È con l'identificazione e la sintesi del (S)-(+)-lavandulyl senecioate, quale feromone sessuale del cotonello della vite *Pl. ficus* (Signoret) (HINKENS *et al.*, 2001) che è stata messa in risalto una spiccata attività cairomonale di questi semiochimici nei confronti dell'encirtide endoparassitoide *A. sp. near pseudococci*. Così MILLAR *et al.* (2002) in California prima, e FRANCO *et al.* (2008) nel Bacino del Mediterraneo successivamente, hanno valutato l'effettiva capacità del feromone sessuale di sintesi quale cairomone nei confronti del predetto parassitoide. In seguito, applicazioni in campo di diffusori di un'altra formulazione del feromone sessuale di *Pl. ficus*, il (S)-(+)-lavandulyl isovalerate, sintetizzato in Israele (ZADA *et al.*, 2003), hanno permesso di mettere in evidenza come sia possibile aumentare significativamente i tassi di parassitizzazione di *A. sp. near pseudococci* a carico delle cocciniglie ospiti, ricorrendo appunto all'esposizione in campo di tali composti che permettono inoltre, una più celere localizzazione della specie ospite da parte dell'encirtide (FRANCO *et al.*, 2011).

CONCLUSIONI

La corretta utilizzazione dei semiochimici impiegati in tecniche di monitoraggio o controllo dei fitofagi presuppone, quindi, un'approfondita conoscenza della loro azione, oltre che sugli organismi dannosi, anche sui loro nemici naturali. La consapevolezza dei rischi ambientali e di sicurezza, connessi con l'uso poco oculato dei mezzi chimici, hanno portato ad aumentare le restrizioni sul loro impiego, per cui l'individuazione di nuove tecniche di intervento eco-compatibili riveste un'importanza sempre crescente. In tale contesto, l'uso dei semiochimici di sintesi, quali strumenti della moderna fitoiatria,

rappresenta ancora oggi una area d'indagine scientifica in fase di forte sviluppo. Alla luce delle ricerche condotte negli ultimi decenni appare ormai chiaro come le tecnologie di controllo delle infestazioni degli insetti dannosi devono essere applicate in programmi coordinati e ben definiti. Il recente passato ha già dimostrato come la completa dipendenza da un'unica tecnologia di controllo delle infestazioni (vedi lotta chimica) porta ben presto ad una qualche forma di resistenza che spesso ne vanifica i risultati pertanto, l'adozione di strategie aderenti all'IPM, che prevedono l'uso combinato di tutte le misure di controllo disponibili, di riflesso, permetterà di preservare il valore di ciascuno dei metodi utilizzati.

RIASSUNTO

Gli autori riportano una breve revisione dei semiochimici di sintesi applicati nei programmi di gestione delle infestazioni delle cocciniglie infestate ai *Citrus* coltivati. Delle 300 e più specie di cocciniglie riportate su agrumi nel mondo, in Italia solo 26 sono le specie segnalate sulla coltura, alcune delle quali assurgono al ruolo di fitofagi chiave, come il cotonello degli agrumi *Planococcus citri* (Risso), la cocciniglia rossa forte *Aonidiella aurantii* (Maskell) e la cocciniglia bianca del limone *Aspidiotus nerii* (Bouché).

Recentemente, un crescente interesse è stato mostrato dalla comunità scientifica sulla possibilità di impiego dei semiochimici di sintesi nei protocolli di gestione delle loro infestazioni. Per esempio, l'ottimizzazione della tecnica della confusione sessuale, adottata in strategie di lotta a basso impatto ambientale contro la rossa forte degli agrumi, ha permesso di raggiungere risultati comparabili a quelli ottenuti impiegando i trattamenti insetticidi convenzionali, offrendo agli agrumicoltori uno strumento di lotta efficace ed eco sostenibile. Altri studi recenti hanno inoltre dimostrato in applicazioni di campo, che l'impiego di un cairomone di sintesi, è in grado di aumentare significativamente il tasso di parassitizzazione del cotonello degli agrumi da parte dell'endoparassitoide *Anagyrus sp. nr. pseudococci*. Considerando che i semiochimici sono altamente efficaci a bassissimi dosaggi, non sono tossici e, a differenza degli agrofarmaci, sono specie-specifici, essi rappresentano uno strumento fondamentale da integrare, ove possibile, nei programmi di controllo delle cocciniglie infestanti gli agrumi coltivati.

BIBLIOGRAFIA

- ANGELI G., RIZZI C., BALDESSARI M., DALPIAZ M., 2013 – *Difesa dalla Carpocapsa del melo con Chekmate® Puffer CM*. - L'Informatore Agrario, 42: 51-54.
- AYTA M., YUMRUKTEPE R., 2001 – *Using Pheromone Traps to Control California Red Scale Aonidiella aurantii (Maskell) (Hom.: Diaspididae) in the Eastern Mediterranean Region (in Turco, abstract in Inglese)*. - Turk. J. Agric. For., 25: 97-110.
- BALDESSARI M., IORATTI C., ANGELI G., 2013 – *Il feromone spray è efficace e di facile applicazione*. - L'Informatore Agrario, 20: 38-40.
- BARZAKAY I., HEFETZ A., STERNLICHT M., PELEG B.A.,

- GOKKES M., SINGER G., ET AL., 1986 – *Further field trials on management of the California Red Scale, Aonidiella aurantii, by mating disruption with its sex-pheromone*. - *Phytoparasitica*, 14:160-161.
- BELL V.A., SUCKLING D.M., WALKER J.T.S., MILLAR J.G., MANNING L.A., EL-SAYED A.M., 2008 – *Obscure mealybug pheromone is the kairomone of an introduced parasitoid in New Zealand*. - *Proc. XXIII Int. Cong. Entomol.*, 6-12 July 2008, Durban (Abstract). Available at <http://www.ice2008.org.za/pdf/proceedings.pdf>
- BELL V.A., WALKER J.T.S., SUCKLING D.M., MANNING L.A., EL-SAYED A.M., SHAW P.W., WALLIS D.R., MILLAR J.G., 2006 – *Trapping obscure mealybug (Pseudococcus viburni) and its natural enemy Pseudophycus maculipennis (Hymenoptera: Encyrtidae) in apple orchards*. - *N. Zeal. Plant. Prot.*, 59: 364 (Abstract).
- BENFATTO D., CONTI F., TUMMINELLI R., 1998 – *Lotta biologica e chimica alla cocciniglia rossa forte degli agrumi, Aonidiella aurantii Mask., in Sicilia*. - *Atti Giornate Fitopatologiche, Scicli e Ragusa*, 3-7 Maggio 1998: 217-222.
- BUTENANDT A., BECKMANN R., STAMM D. & HECKER E., 1959 – *Über den Sexual-lockstoff des Seidenspinners Bombyx mori. Reindarstellung und Konstitution*. - *Z. Naturforsch.*, 14: 283-284.
- CAMPOLO O., MAIONE V., GRANDE S. B., PALMERI V., 2010 – *Unaspis yanonensis (Kuwana) (Hemiptera: Diaspididae) su agrumi in Calabria*. - *Terra e Vita*, 27, 14-16.
- CAMPOS-RIVELA J.M., MARTINEZ-FERRER M.T., FIBLA-QUERALT J.M., 2012 – *Population dynamics and seasonal trend of California red scale (Aonidiella aurantii Maskell) in citrus in Northern Spain*. - *Spanish J. Agric. Res.*, 10: 198-208.
- COLAZZA S., PERI E., 2009 – *Mezzi biotecnici per il controllo degli insetti fitofagi degli agrumi*. In *Citrus: trattato di agrumicoltura a cura di Vincenzo Vacante*, Francesco Calabrese. - Milano; Edagricole, 2009 XVII, 470 pp.
- CONTI F., FISICARO R., RACITI E., CARTA D., SUMA P., NUCIFORA S., MAZZEO G., SISCARO G., 2013 – *Quali sono i "nuovi" parassiti che infestano gli agrumi*. - *L'Informatore agrario*, 34: 56-59.
- FLINT, H.M., DOANE C.C., 1996 – *Pheromones and other Semiochemicals*. In: E. B. Radcliffe, W. D. Hutchison & R. E. Cancelado [eds.], *Radcliffe's IPM World Textbook*, URL: <http://ipmworld.umn.edu>, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- FRANCO J.C., GROSS S., SILVA E.B., SUMA P., RUSSO A., MENDEL Z., 2003 – *Is mass-trapping a feasible management tactic of the citrus mealybug in citrus orchards?* - *Anais do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Tecnica de Lisboa*, vol. 49:, p. 353-367.
- FRANCO J.C., RUSSO A., SUMA P., SILVA E.B., DUNKELBLUM E., MENDEL Z., 2001 – *Monitoring strategies for the citrus mealybug in citrus groves*. - *Boll. Zool. Agrar. Bachic.*, 33:297-303.
- FRANCO J.C., SILVA E.B., CORTEGANO E., CAMPOS L., BRANCO M., ZADA A., MENDEL Z., 2008 – *Kairomonal response of the parasitoid Anagyrus spec. nov near pseudococci to the sex pheromone of the vine mealybug*. - *Entomol. Exp. Appl.*, 126:122-130.
- FRANCO J.C., SILVA E.B., FORTUNA T., CORTEGANO E., BRANCO M., SUMA P., LA TORRE I., RUSSO A., ELYAHU M., PROTASOV A., ZADA A., MENDEL Z., 2011 – *Vine mealybug sex pheromone increases citrus mealybug parasitism by Anagyrus sp. near pseudococci (Girault)*. - *Biol. control*, 58: 230-238.
- FRANCO J.C., SUMA P., DA SILVA E.B., BLUMBERG D., MENDEL Z., 2004 – *Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries*. - *Phytoparasitica*, 32:507-522.
- FRANCO J.C., ZADA A., MENDEL Z., 2009 – *Novel approaches for the management of mealybug pests*. In: Ishaaya I, Horowitz AR (eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*; Springer, Dordrecht, pp. 233-278.
- GIESELMANN M.J., HENRICK C.A., ANDERSON R.J., MORENO D.S., ROELOFS W.L., 1980 – *Responses of male California Red Scale to sex-pheromone isomers*. - *J. Insect. Physiol.*, 26:179-182.
- GROUT T.G., RICHARDS G.I., 1991 – *Value of pheromone traps for predicting infestations of Red Scale, Aonidiella aurantii (Maskell) (Hom, Diaspididae), limited by natural enemy activity and insecticides used to control citrus thrips, Scirtothrips aurantii Faure (Thys, Thripidae)*. - *J. Appl. Entomol.*, 111: 20-27.
- HEFETZ A., KRONENBERG S., PELEG B.A., BAR-ZAKAY I., 1988 – *Mating disruption of the California red scale Aonidiella aurantii (Homoptera: Diaspididae)*. - *Proceedings of the Sixth International Citrus Congress (Tel Aviv, Israel)* 3: 1121-1127.
- HINKENS D.M., McELFRESH J.S., MILLAR J.G., 2001 – *Identification and synthesis of the sex pheromone of the vine mealybug, Planococcus ficus*. - *Tetrahedron Letters* 42, 1619-1621.
- JACAS J., KARMAOUNA F., VERCHER R., ZAPPALÀ L., 2010 – *Citrus pest management in the Northern Mediterranean basin (Spain, Italy and Greece)*. In: *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. A. Ciancio & K. G. Mukerji (eds.), Springer: 3-26.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., SISCARO G., 1994 – *Aonidiella citrina a new pest of citrus in Italy*. - *Informatore Fitopatologico*, 12: 19-25.
- LONGO S., MAROTTA S., PELLIZZARI G., RUSSO A., TRANFAGLIA A., 1999 – *Considerazioni su aspetti generali e applicati delle Cocciniglie (Homoptera Coccoidea)*. - *Atti Acc. Naz. It. Entom.*, 45: 281-318.
- MILLAR J.G., DAANE K.M., McELFRESH J.S., MOREIRA J.A., MALAKAR-KUENEN R., GUILLEN M., BENTLEY W.J., 2002 – *Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. - *J. Econ. Entomol.*, 95: 706-714.
- MILLAR J.C., 2012 – *Identification of the sex pheromone of the invasive scale Acutaspis albopicta (Hemiptera: Diaspididae), arriving in California on shipments of avocados from Mexico*. - *J. Econ. Entomol.*, 105: 497-594.
- NORDLUND D.A., LEWIS W.J., 1976 – *Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions*. - *J. Chem. Ecol.*, 2: 211- 220.
- ROELOFS W.L., GIESELMANN M.J., CARDE A.M., TASHIRO H., MORENO D.S., HENRICK C.A., ANDERSON R.J., 1977 – *Sex-pheromone of California Red Scale, Aonidiella aurantii*. - *Nature*, 267: 698-699.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1975 – *Sull'attrattività delle femmine vergini di due specie di pseudococcidi (Homoptera: Coccoidea) per un Imenottero parassita (Hymenoptera Chalcidoidea)*. - *Boll. Lab. Entomol. Agrar. F. Silvestri, Portici*, 32: 172-179.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1976 – *Osservazioni sull'attività di volo dei maschi di Pseudococcus calceolariae (Mask.) (Homoptera: Coccoidea)*. - *Boll. Lab. Entomol. Agrar. F. Silvestri, Portici*, 33: 108-112.

- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1981 – *Scent trailing by virgin females of Pseudococcus calceolariae*. - J. Chem. Ecol., 7: 85-88.
- ROTUNDO G., TREMBLAY E., 1985 – *Field evaluation of female sex pheromone of the artichoke moth, Gortyna xanthenes*. - Entomol. Exp. et Appl., 38: 201-204.
- SUMA P., RUSSO A., DUNKELBLUM E., ZADA A., MENDEL Z., 2001 – *Pheromonal and kairomonal activity of Planococcus citri pheromone and some of its analogs*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, 33: 305-312.
- SUMA P., DE CRISTOFARO A., RUSSO A., 2002 – *Osservazioni sull'attività di semiochimici di sintesi di Planococcus citri (Risso)*. - Atti XIX Congr. Naz. Ital. Ent. Catania 2002: 541-546.
- SUMA P., COCUZZA G.E., 2010 – *Grave infestazione su limone da Protopulvinaria pyrifomis*. - L'Informatore agrario, 18: 72-74.
- TREMBLAY E., ROTUNDO G., 1978 – *La specificità feromonica quale meccanismo di isolamento riproduttivo in alcune Cocciniglie (Homoptera Coccoidea)*. - Atti XII Congr. Naz. Ital. Ent. Portici-Sorrento 1976: 135-138.
- VACAS S., ALFARO C., NAVARRO-LLOPIS V., PRIMO J., 2010 – *Mating disruption of California red scale, Aonidiella aurantii Maskell (Homoptera: Diaspididae), using biodegradable mesoporous pheromone dispensers*. - Pest Manag. Sci., 66 (7): 745-751.
- VEILLEUX K., MILLER D.R., BEN-DOV Y., 2001 – *ScaleNet, Scales on a Host, Natural Enemies and Associates of a Scale*. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/scaleson.exe?family=&scalegfamily=All&genus=Citrus&scalegenus=&species=>
- WILSON E.O., 1971 – *The insect societies*. Cambridge, MA, USA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- ZADA A., DUNKELBLUM E., ASSAEL F., HAREL M., COJOCARU M., MENDEL Z., 2003 – *Sex pheromone of the vine mealybug, Planococcus ficus in Israel: occurrence of a second component in a mass-reared population*. - J. Chem. Ecol., 29: 977-988.
- ZAPPALÀ L., CAMPOLO O., SARACENO F., GRANDE S.B., RACITI E., SISCARO G., PALMERI V., 2008 – *Augmentative releases of Aphytis melinus (Hymenoptera: Aphelinidae) to control Aonidiella aurantii (Homoptera: Diaspididae) in Sicilian citrus groves*. - IOBC/wprs Bulletin, 38: 49-54.

PROBLEMS WITH SCALE INSECTS IN VINEYARDS

CARLO DUSO (*)

(*) *Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (DAFNAE), Università di Padova, Italia.*

Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

SYNTHESIS – A number of scale species can reach the status of pests in vineyards. Among them, *Parthenolecanium corni* (Bouché) (Coccidae) and *Planococcus ficus* (Signoret) (Pseudococcidae) proved to be the most important in Italy and elsewhere. Sometimes mixed populations of *P. corni* and *Neopulvinaria innumerabilis* (Rathvon) (Coccidae) are recorded in vineyards.

Parthenolecanium corni is a polyphagous species that completes two generations in Italian vineyards. Damage is caused by sap feeding (reduction in vigour, defoliation) associated to honeydew and sooty mould on leaves and berries. *P. corni* can transmit a number of virus, i.e. the Leafroll complex (GLRaV-1) and the Rugose wood complex (GVA). Outbreaks in Italy are recorded from the 1990s. Among factors affecting them we can mention the disruption of biological control by pesticides, and the spread of some cultural practices (e.g., mechanical pruning, irrigation and fertilization). A number of predators (Coccinellidae and Chrysopidae) and parasitoids (Encyrtidae, Aphelinidae and Pteromalidae) can affect *P. corni* populations. However, the impact of parasitoids in vineyards seems to be not significant in the short term. Moreover, knowledge of pesticide effects on scales and their antagonists is limited. In North-eastern Italy, infestation levels of *P. corni* and *N. innumerabilis* were reduced on experimental vines where access to ants was hindered. Implications of this practice for coccid control should be considered.

Planococcus ficus occurs throughout the Mediterranean region, South Africa, parts of Asia, Mexico, and California (since 1994). It has been misidentified with *Planococcus citri* (Risso) for a long time. In the 1950s it was the most important pest of vines in Northern Italy. Currently infestations are recorded in several regions (e.g. Veneto, Emilia-Romagna, Tuscany, Sicily and Sardinia). Damage is associated to feeding on

phloem sap (reduction in plant vigour, defoliation, contamination of clusters, honeydew and sooty moulds) and the transmission of viruses such as Leafroll complex viruses (e.g. GLRaV-1, GLRaV-3, GLRaV-5 and Rugose wood complex (including "Corky bark"). In Europe, GLRaV has not been considered a serious problem. This point of view has changed after recent *P. ficus* outbreaks in the Western USA, Israel and elsewhere. Moreover, the presence of *P. ficus* in vineyards could increase the risk of ochratoxins (OTA) occurrence on grapes. It has been reported that *Aspergillus* section *Nigri* incidence and the mean OTA concentration can be significantly higher in damaged berries than in undamaged ones.

The invasion of California vineyards by *P. ficus* has promoted a large number of studies. Sex pheromone has been identified and used for monitoring the pest. The identity of *P. ficus* and its parasitoids, in particular *Anagyrus pseudococci* (Girault) has been deeply investigated. Regarding *P. ficus* various techniques (e.g., RAPD-PCR, PCR-RFLP, DNA markers) proved to be useful to discriminate this species from *P. citri*. Regarding *A. pseudococci*, cultures of different origin (e.g. Argentina, USA, Israel, Italy, Spain) were established in the laboratory. The Argentine population proved to be reproductively incompatible with and genetically different from all other populations tested. The other form, which was established in California from previous introductions, belonged to a different species (*Anagyrus* sp. near *pseudococci*) that coexists with *A. pseudococci* in some areas (e.g., Sicily). The role of the sex pheromone in the host selection by *Anagyrus* sp. near *pseudococci* has been widely investigated in Portugal, Italy and Israel. Additional effects of pheromone components have been noticed on the rate of parasitism and host location.

The influence of temperature on *Anagyrus pseudococci* development and overwintering has

been investigated in California. Laboratory-data suggest that seven to eight *A. pseudococci* generations can occur during the vegetative season. Key biological parameters of *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci* reared on *P. citri* have been determined in Italy. Further research showed that *P. ficus*, *P. citri* and *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) were able to encapsulate the eggs of *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci*; the rates of parasitism and encapsulation were higher in *P. citri* than in *P. ficus*. Investigations carried out in Sardinia showed that *P. ficus* is a suitable host for the parasitoid *Leptomastix dactylopii* Howard. However, this species produces less offspring when reared on *P. ficus* than on *P. citri*.

Several strategies have been explored to manage *P. ficus* populations in California: classical and augmentative biological control, mating disruption, chemical control against mealybugs and ants. At the same time studies on mealybug vector - virus type

specificity and transmission efficiency are planned to understand the epidemiology of Grape Leafroll disease.

The knowledge of side-effects of pesticides on mealybug natural enemies is crucial for IPM. Studies on this topic were performed on *A. near pseudococci* and *Coccidoxenoides perminutus*. Buprofezin and spirotetramat proved to be less toxic than cypermethrin and chlorpyrifos-ethyl. Pest management strategies regarding method and timing of pesticide applications where parasitoids constitute part of the pest management program should be refined.

Antagonistic interactions between ants and *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci* were assessed in the laboratory. Parasitism of vine mealybug by *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci* was negatively affected by ants. An adequate control of ants is recommended before any release of mealybugs' natural enemies.

DISTRIBUZIONE E SIGNIFICATO DELLA SIMBIOSI FRA DIASPIDIDAE (RHYNCHOTA COCCOIDEA) E SEPTOBASIDIUM (FUNGI)

FRANCESCO PORCELLI (*)

(*) Dipartimento di Scienza del Suolo, delle Piante e degli Alimenti (DiSSPA), Sez. Entomologia e Zoologia - UNIBA Aldo Moro, Via Amendola, 165/a 70126 Bari - Italia; francesco.porcelli@uniba.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo".
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

Distribution and meaning of Diaspididae (Rhynchota) - Septobasidium spp. (Fungi) symbiosis

Armoured scales exhibit a peculiar way of interaction with their habitat. This contribution focuses on the symbiosis between Diaspididae and *Septobasidium*, a Genus of Fungi. The phenomenon, healthy or infected armoured scales embedded into a thick and often two layered epiphytic fungal mat, is scarcely reported in, despite the large amount of Diaspididae collection in the country. The meaning of symbiosis is unclear, being the fungus considered a true symbionts (mutualist) or a parasite (entomopathogenic). Collection and accurate scrutiny of perennial smooth-bark trees and shrubs in resulted in abundant material and searching-dependent findings of the wanted association. Studies on the growth of fungal patch demonstrates that the fungus is a true entomopathogenic antagonist of armoured scales, whose species depends on its host-plant preference.

KEY WORDS: Natural biological control, *Aonidia lauri*; *Lepidosaphes flava*; *Sahasaspis ceardi*; *Suturaspis archangelskyae*; *Epidiaspis leperii*; *Diaspidiotus marani*.

INTRODUZIONE

L'associazione fra numerose specie di Diaspididae e i funghi del genere *Septobasidium* è ampiamente documentata nei paesi equatoriali e tropicali caldo umidi. Il fenomeno è descritto come la presenza di un certo numero, spesso elevato, di cocciniglie incluse in uno spesso feltro fungino che cresce epifita sulle parti epigee di una pianta perenne. L'interpretazione di questa interazione è varia, di volta in volta gli Autori hanno parlato di simbiosi mutualistica (COUCH, 1931; 1938; WILLIAMS & BROOKES, 1995), di *Septobasidium* come entomopatogeno (CHAZEAU, 1981; EVANS & PRIOR, 1990; NAGARKATTI & SANKARAN, 1990; TANADA & KAYA, 1993) o come fitopatogeno (WHITTLE, 1992; KALSHOVEN, 1981; RATTAN, 1974). Molto spesso il fenomeno è stato, prudentemente descritto come associazione (BALACHOWSKY, 1947; BEN-DOV, 1988; DANZIG, 1993; DANZIG & KONSTANTINOVA, 1990; DE BOER & VALENTINE, 1977; DEKLE, 1976; FERRIS, 1952; MCKENZIE & NELSON-RESS, 1962; MILLER & DAVIDSON, 2005; MURAKAMI, 1970; TAKAGI *et al.*, 1988; WILLIAMS, 1980; WILLIAMS, & WATSON, 1988).

Le cocciniglie, maschi e femmine, sono avvolte più o meno strettamente da ife che possono o meno infettare i singoli individui. A quanto pare le femmine sono infettate in percentuali elevate, intorno al 50%, mentre i maschi sarebbero essenzialmente

indenni dal fungo. Le femmine infette raggiungono l'età adulta ma vengono rese sterili dal fungo che ne modifica anche la morfologia. Le femmine sane si riproducono normalmente e generano neanidi che si disperdono sul tallo alla ricerca di un riparo. Le neanidi neonate trovano spesso riparo al margine di questo e si fissano sul pavimento di feltro fungino e iniziano a nutrirsi. Il fungo, avanzando, le include nel proprio tallo.

Il fenomeno è stato interpretato come simbiosi mutualistica (COUCH, 1938) ovvero come entomopatogeno (TANADA & KAYA, 1993). Tali interpretazioni sono state riprese negli anni senza che vi sia chiarezza sull'interpretazione del fenomeno.

L'ASSOCIAZIONE DIASPIDIDAE - SEPTOBASIDIUM

In Italia non è difficile individuare Diaspididae associati e inclusi in talli epifiti di *Septobasidium*, a patto di cercare su piante ospiti perenni con corteccia liscia che vivano in situazioni di elevata umidità locale. In effetti, un cespuglio denso di *Phyllirea latifolia* o di *Pistacia lentiscus* di una macchia mediterranea, una siepe anche urbana di *Laurus nobilis* e perfino piante in vaso della stessa specie, possono ospitare questa simbiosi.

Anche le foreste di Lauraceae delle Isole Canarie

sono ricche di campioni, addirittura associati a diaspini infestanti le foglie. Naturalmente gli ambienti di foresta pluviale equatoriali o tropicali, sono prodighi di abbondanti raccolte.

I talli osservati in Italia sono di colore grigio-marrone, quelli di molte specie tropicali sono, invece, vivacemente colorati di rosso-arancio o grigio-blu.

Se i diaspini che vivono sulla pianta si individuano con la sola lente d'ingrandimento, possiamo sospettare di avere a che fare con un *Septobasidium* epifita già in campo, quando lo spessore delle ife è considerevole, intorno o oltre il millimetro. Altre caratteristiche proprie del fungo si trovano sulla regione marginale del tallo che avanza sulla corteccia con un "pavimento" di ife e si ricopre poi con un "tetto" dai lobi confluenti.

In laboratorio, con un binoculare, si vedranno le neanidi che si sono appena fissate sul pavimento, fra pilastri di ife che congiungono i due strati del tallo.

In Italia le simbiosi di maggiori dimensioni sono quelle sostenute da *Aonidia lauri* (Bouché) e *S. michelianum* Pat. (HENK & VILGALYS, 2007) sui tronchi e branche di *Laurus nobilis* dove il diaspino e il fungo occupano superfici vaste fino a circa , sebbene come risultato della confluenza di più talli. Peraltro non è raro incontrare simbiosi piccole, quasi puntiformi e subcircolari con diametri al di sotto del centimetro (Fig. 1).

I RAPPORTI SPAZIO-TEMPORALI FRA I DIASPIDIDAE E IL *SEPTOBASIDIUM*

Esplorando i talli si trovano numerose femmine circondate dalle ife fungine, alcune di queste femmine sono state infettate dal fungo, altre sono sane. Nei talli si trovano anche maschi che non vengono in genere infettati.

La densità delle ife è maggiore intorno alle femmine infettate, dove il fungo forma uno stroma fungino che le incapsula. Dallo stroma si separano poche decine di ife centripete che attraversano il vano fra gli scudetti per raggiungere la femmina inclusa, infettandola per via transcuticolare o transvulare.

Una volta montate su vetrino, le femmine infettate mostrano il gran numero di austeri a spirale (coiled) o moniliformi (sausage-like) che infarcano il loro corpo. Attraverso queste ife modificate il fungo estrae nutrienti dalla cocciniglia e ne influenza lo sviluppo. Infatti, le femmine infette subiscono una castrazione parassitaria e sono morfologicamente molto diverse da quelle sane.

Le femmine sane di Diaspididae sono circondate

da ife lasse e sono spesso incompletamente immerse nel tallo, dal quale sporgono con parte degli scudetti. Le femmine sane sono prolifiche e generano neanidi che evadono dagli scudetti materni per disperdersi sulla loro pianta ospite (Fig. 2).

I demi dei diaspini sono già presenti sulla pianta quando vengono raggiunti dal fungo, normalmente veicolato da una neanide femminile infettata durante la dispersione. Da questa singola femmina, che viene castrata e uccisa, il tallo del *Septobasidium* si espande in senso centrifugo a ondate stagionali che corrispondono alla contemporanea presenza di acqua in forma liquida e di temperature di diversi gradi sopra lo zero centigrado.

L'infezione di nuove cocciniglie dovrebbe avvenire allo stadio di neanide sia a partire da basidio-spore, che aderiscono alla cuticola dove germinano producendo brevi rami miceliari che restano latenti in attesa dello sviluppo dell'ospite, sia perché il tallo ingloba nuove neanidi che si fissano sulla pianta al proprio bordo.

In effetti, il tallo circonda, fra il proprio pavimento e il tetto sostenuto da pilastri (pillars), dei vani particolarmente graditi alle neanidi che sono in cerca di ripari. Queste neanidi, una volta fissate, saranno velocemente incluse dal fungo che potrà infettarle, eventualmente.

Non sappiamo se il *Septobasidium* possa infettare anche femmine di seconda età. Le femmine adulte non sono infettate perché le trasformazioni morfologiche sono già evidenti all'atto dell'ultima muta.

Ogni tallo ha, quindi, una regione centrale più matura e un margine più giovane e magari in crescita. I talli studiati in regioni pluviali tropicali o equatoriali tendono a bi-tri stratificare la propria crescita, mentre quelli incontrati in regioni meno calde e umide sono, normalmente, monostratificate.

Il voltinismo della specie di diaspino regola la simbiosi dal punto di vista dell'insetto, mentre la crescita perenne del fungo segue ritmi stagionali. Non è difficile leggere sui talli la storia della loro crescita, che appare come cerchie di un tronco tagliato, e poter ricostruire le sciamature delle neanidi e la storia dell'infezione delle cocciniglie.

LE SPECIE DI DIASPIDIDAE COINVOLTE NELLA SIMBIOSI CON *SEPTOBASIDIUM* IN ITALIA

Cercando in habitat con elevatissima UR% per almeno alcune ore al giorno, ho facilmente trovato Diaspididae regolarmente associati a *Septobasidium* prope *michelianum*. Anzi, la simbiosi è tanto comune che i ritrovamenti sono pressoché proporzionali alle ricerche. Un minimo di esperienza

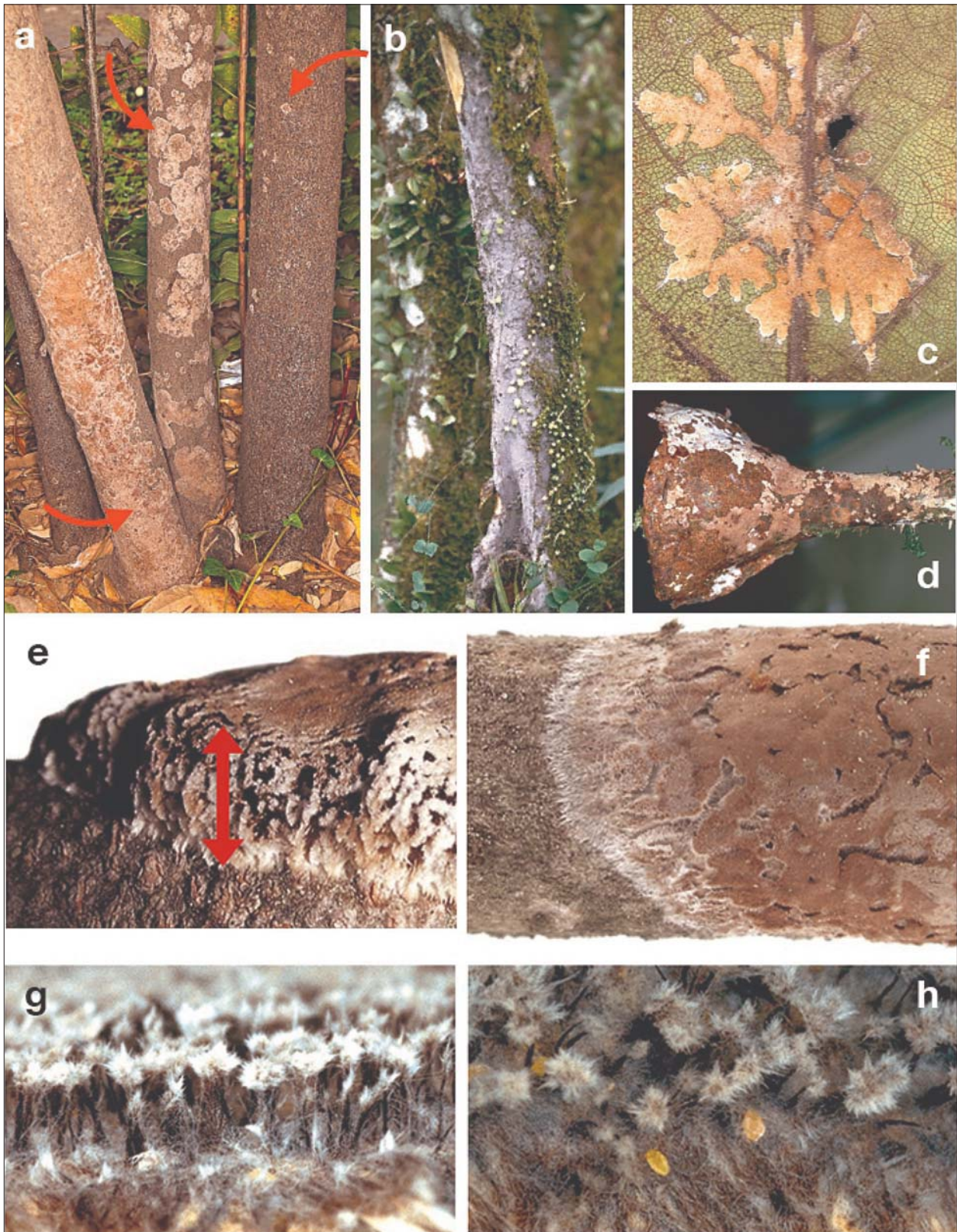


Fig. 1

Aspetto della simbiosi fra Diaspididae e *Septobasidium*: a) tronchi di alloro (*Laurus nobilis* L.) infestati da *Aonidia lauri* (Bouché) in simbiosi con *S. michelianum*, Bari Campus Universitario. Le frecce rosse indicano, da sinistra a destra, talli confluiti, talli isolati e talli piccoli; b) branca di *Citrus reticulata* Blanco infestata da *Unaspis* sp. e ricoperta da un *Septobasidium* sp. La Selva Biological Station, Costa Rica; c) Tallo di *Septobasidium* sp. associato a *Aonidiella lauretorum* (Lindinger) (?) ex *Heberdenia excelsa* (Ait.) Banks, Tenerife, Isole Canarie; d) base di peziolo fogliare di *Cyathea* sp. (Filices) popolata da Diaspididae e da un *Septobasidium* non identificati, Wilson Botanical Garden, San Vito Coto Brus, Puntarenas Costa Rica; e) margine estivo di *Septobasidium* sp. su *Pistacia lentiscus* L. Castellaneta Marina (TA), la doppia freccia indica lo spessore del tallo; f) margine in crescita di *Septobasidium* sp. su *Phyllirea latifolia* L. Chiatona (TA); g, h) due inquadrature dello stesso tratto di margine in crescita di un *Septobasidium* sp. dalla Costa Rica (La Selva Biological Station), per mostrare i pilastri che terminano con un fiocco di ife, bianche, e le neanidi gialle di un diaspino non identificato.

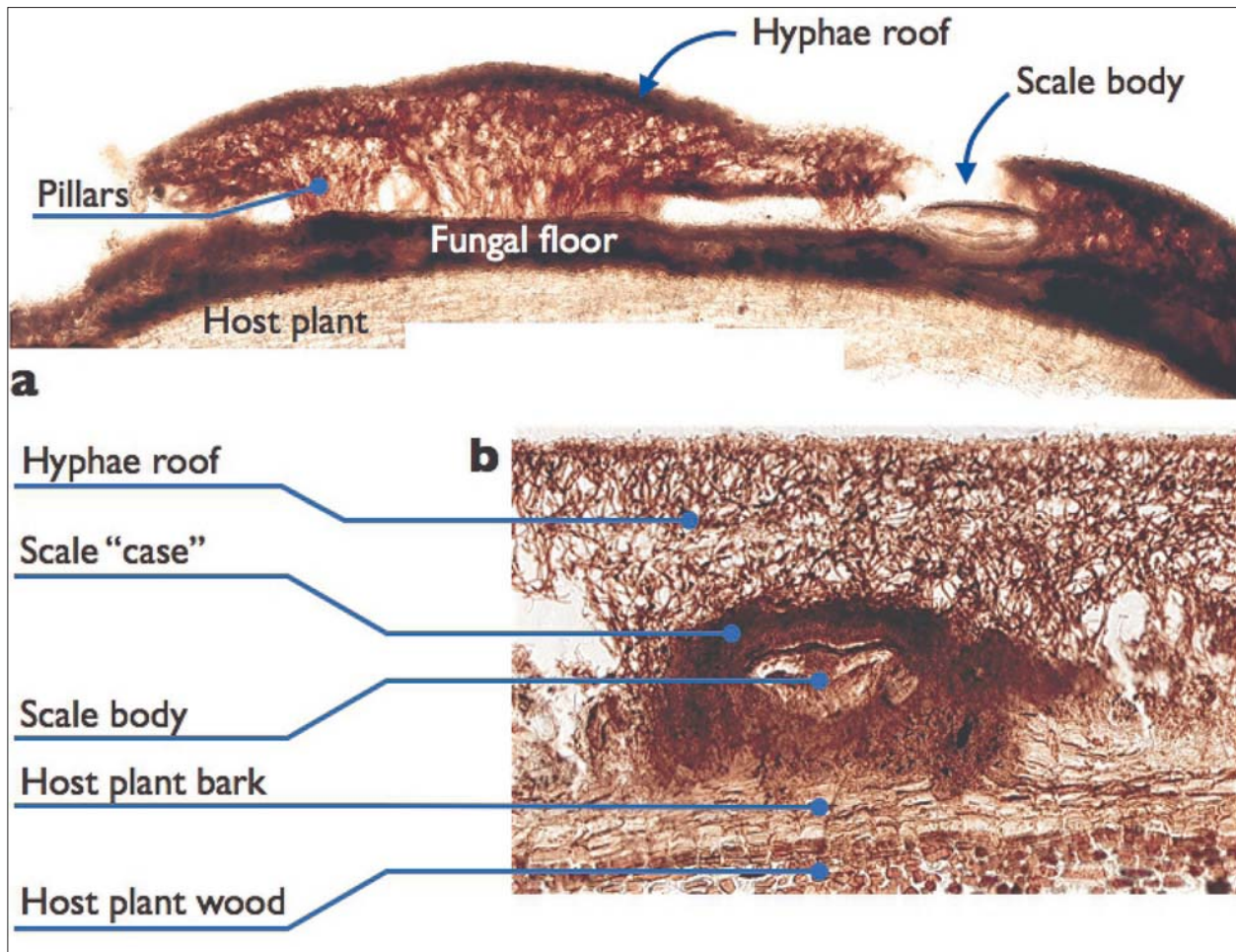


Fig. 2

Due sezioni della simbiosi fra Diaspididae e *Septobasidium*: *Sabaraspis ceardi* (Balachowsky) e *Septobasidium michelianum* Pat. ex *Pistacia lentiscus* L., Pineta di Patemisco Gallio, nei pressi di Ginosa Marina (TA). Le sezioni trasversali di un rametto di alcuni anni mostrano: a) circa 60° della circonferenza del ramo infestato dal diaspino e ricoperto dal tallo del fungo; b) una femmina inclusa nello stroma e infettata dal fungo.

insegna che le specie di diaspini coinvolte dipendono dalla pianta ospite, mentre il fungo si aggiunge in qualche modo all'associazione fitofago-pianta ospite. Di seguito elenco le specie e i reperti più comuni della simbiosi (Fig. 3).

L'Aonidia lauri (Bouché) infesta praticamente ogni pianta di *Laurus nobilis*. La simbiosi con il fungo si trova su piante molto popolate, addirittura incrostate, dal diaspino. Ampi talli, spesso confluenti, ricoprono il tronco e le branche principali degli allori, in particolare dove l'*Aonidia* si stratifica sulla corteccia. Molto più difficile è trovare infezioni da *Septobasidium* sulle foglie.

Lepidosaphes flava (Signoret) infesta frequentemente l'olivo e altre Oleaceae. Sulle branche di alcuni anni si trovano talli color beige, irregolari perché seguono le asperità del ramo. Il fungo include nel proprio spessore numerose femmine di *L. flava*, quasi tutte infettate. Talli raccolti su altre piante di olivo contenevano numerose femmine adulte tutte infettate e uccise da un aspidiotino

riferibile a *Diaspidiotus marani* (Zahradník). Non avendo trovato nemmeno una femmina sana non posso essere certo dell'identificazione, per le ricordate modificazioni morfologiche indotte dal fungo. Una simile associazione si trova su *Phyllirea latifolia* L., dove i talli sono evidenti su rametti e rami dei cespugli che abbiano almeno 5 millimetri circa di diametro. Su quest'ultima pianta, negli stessi talli ho raccolto anche molte *Epidiaspis leperii* (Signoret) infette. Evidentemente le due specie vivono e muoiono in demi misti sotto la stessa coltre fungina. Ulteriori notizie sulla presenza di *Septobasidium michelianum* associato a Diaspididae su olivo si trovano in PERROTTA & PACETTO (1973).

Sabaraspis ceardi (Balachowsky) è una specie di diaspino comune e diffusa sul lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) del quale infesta la corteccia. Il diaspino è poco visibile, nonostante gli scudetti bianchi, per le piccole dimensioni e perché gli individui non sono numerosi e nemmeno aggregati sulla pianta. Un

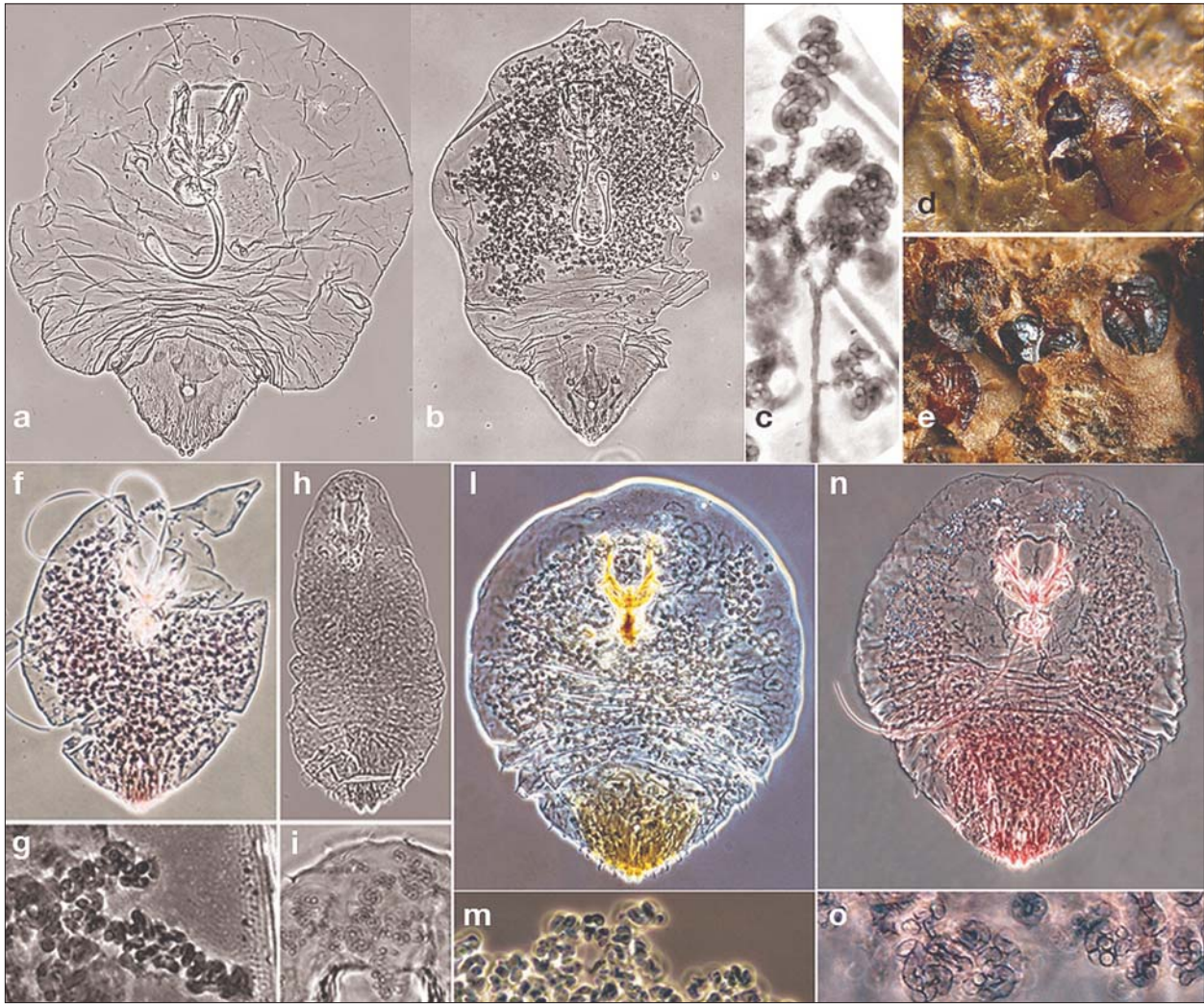


Fig. 3

Le specie di Diaspididae trovate, in Italia, incluse nel tallo di *Septobasidium* e infestate: *Aonidia lauri* (Bouché) ex *Laurus nobilis* L., a) femmina sana per confronto con b) femmina infestata e c) dettaglio degli austeri del fungo; d) *Suturaaspis archangelskyae* (Lindinger) ex *Prunus persica* (L.) Batsch, tre femmine adulte incluse dal fungo; e) *Sabaraspis ceardi* (Balachowsky) ex *Pistacia lentiscus* L. femmine adulte incluse dal fungo, f) femmina infestata e g) austeri; h) *Lepidosaphes flava* (Signoret) ex *Olea europaea* L. femmina infestata e i) austeri; *Epidiaspis leperii* (Signoret) ex *Phillyrea latifolia* L., l) femmina infestata e m) suoi austeri; n) *Diaspidiotus marani* (Zahradník) ex *Olea europaea* L. femmina infestata e o) austeri.

Septobasidium rosso ruggine cresce in grandi talli lunghi fino a venti centimetri e contiene i diaspini a densità maggiori di quelle che la cocciniglia raggiunge se libera sulla corteccia. L'esame del tallo rivela molti individui di *S. ceardi* inclusi e infestati dal fungo.

Talli di un *Septobasidium* non identificato, associato a *Suturaaspis archangelskyae* (Lindinger) sono stati raccolti su pesco (*Prunus persica* (L.) Batsch), e su numerose altre drupacee in coltura. Dissecando i talli si trovano numerosissime femmine per lo più infette. Anche in questo caso la densità dei diaspini inclusi nel tallo è molto superiore a quella delle femmine libere sulla pianta. Nelle stesse situazioni *S. archangelskyae* è anche soggetta al controllo biologico naturale da *Fusarium larvarum* (PORCELLI & FRISULLO, 1998).

CONCLUSIONI

La raccolta e lo studio della simbiosi fra Diaspididae e funghi del Genere *Septobasidium* in Italia si rivela particolarmente interessante per l'inaspettata quantità di campioni raccolti anche in ambienti urbani o di agricoltura intensiva, la complessità dell'interazione di un rapporto perenne del tipo uno/popolazione, l'ampio coinvolgimento delle specie di cocciniglie e delle piante ospiti, anche d'interesse economico (Fig. 4).

Nel complesso il fenomeno presenta molteplici aspetti interessanti sia per la ricerca di base che per quella applicata in ambienti naturali, disturbati o antropizzati.

Questo contributo riassume e aggiorna le scarse conoscenze sulla presenza dell'associazione fra

Diaspididae (Rhynchota) e funghi del genere *Septobasidium* in Italia. L'associazione fra insetti e funghi è molto più frequente di quanto non si creda ed è modulata dalla pianta ospite, che condiziona la

specie di diaspino. Il fungo si aggiunge alle altre due specie ove esistano le opportune condizioni ambientali, rappresentate da elevata umidità ambientale, fino alla condensazione, temperature

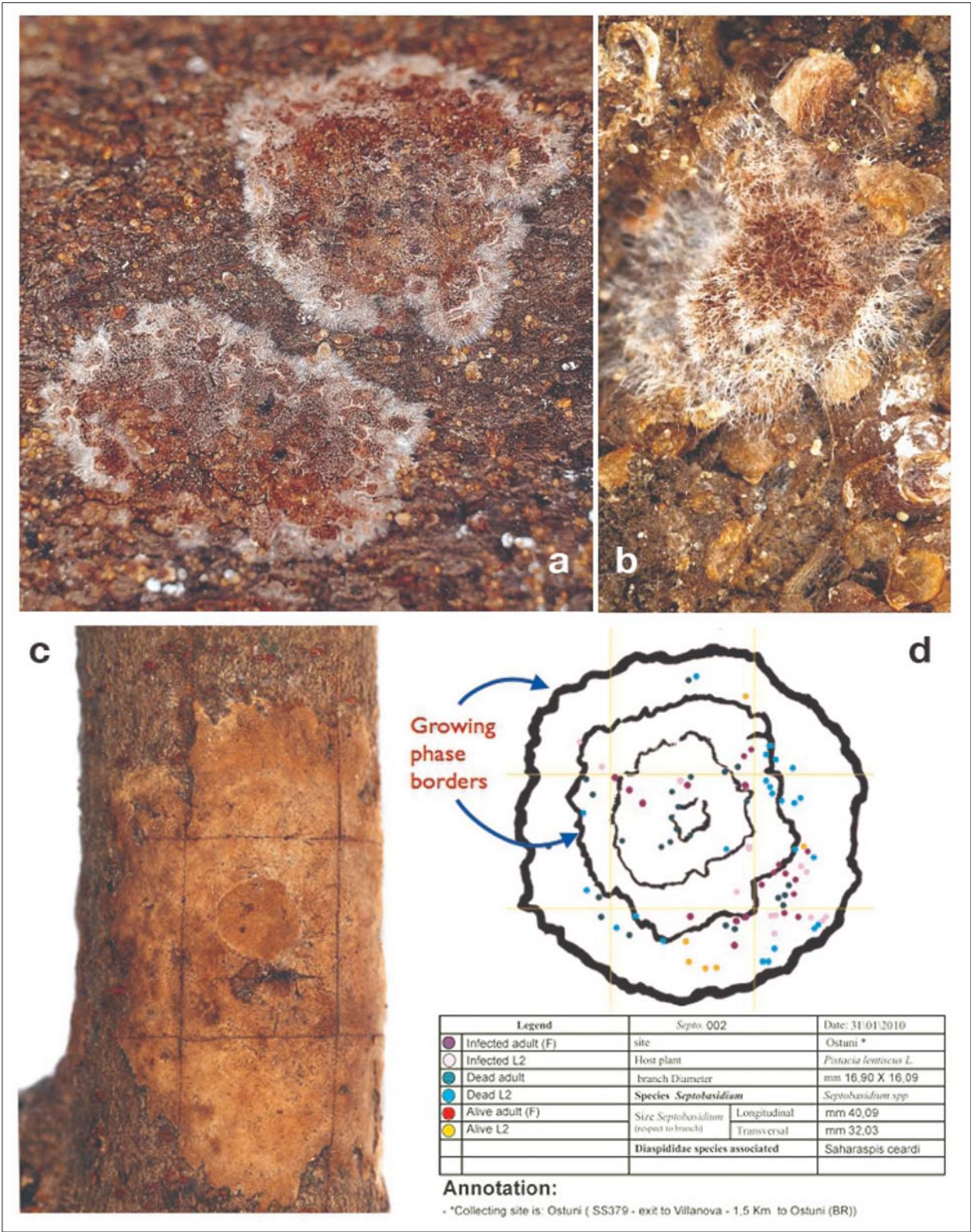


Fig. 4

Septobasidium michelianum Pat. e *Aonidia lauri* (Bouché) ex *Laurus nobilis* L. a) giovani talli in espansione; b) individuo "0" portatore dell'infezione e ucciso dal fungo. Ai margini del tallo si distinguono le esuvie del diaspino, incrostante sulla pianta ospite; c, d) esempio di analisi demografica della simbiosi.

minime superiori a 0°C e caratteristiche fisiche della corteccia della pianta ospite.

Le specie di Diaspididae osservate sono: *Aonidia lauri* (Bouché), *Lepidosaphes flava* (Signoret), *Diaspidiotus marani* (Zahradník), *Epidiaspis leperii* (Signoret), *Saharaspis ceardi* (Balachowsky) e *Suturaspis archangelskyae* (Lindinger). L'unica specie di *Septobasidium* identificata con certezza in questa indagine è *S. michelianum* Pat.

L'interazione fra i tre componenti di questa simbiosi è complessa e raffinata e culmina con la castrazione parassitaria delle femmine adulte di Diaspididae incluse ed infettate dal fungo.

BIBLIOGRAFIA

- BALACHOWSKY A.S., 1947 – *Sur un Rugaspidiotus nouveau associe a Septobasidium xylostroma Heim en Indo-Chine*. - Bulletin de la Société Entomologique de France, 52(2): 21-23.
- BEN-DOV Y., 1988 – *A taxonomic Analysis of the Armored Scale Tribe Odonaspidinae of the World (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae)*. - U.S. D.A., Agricultural Research Service, Technical Bulletin 1723, 142 pp.
- CHAZEAU J., 1981 – *La lutte biologique contre la cochenille transparent du cocotier Temnaspidiotus destructor (Signoret) aux Nouvelles-Hébrides (Homoptères Diaspididae)*. - Cahers O.R.S.T.O.M., sér. Biologique, 44: 11-22.
- COUCH J.N., 1931 – *The Biological Relationship between Septobasidium retiforme (B. & C.) Pat. and Aspidiotus Osborni New. and Ckll.* - Quarterly Journal of Microscopical Science: 383-438.
- COUCH J.N., 1938 – *The Genus Septobasidium*. - The University of North Carolina Press, 479 pp.
- DANZIG E.M., 1993 – *Fauna of Russia and neighbouring countries*. - Russian Academy of Sciences Zoological Institut, new series n° 144, 452 pp.
- DANZIG E.M., KONSTANTINOVA G.M., 1990 – *Coccoidea fauna (Homoptera, Coccinea) of Vietnam*. - USSR Accademy of Sciences Proceedings of the Zoological Institute, Leningrad, 209: 38-52.
- DE BOER J.A.; VALENTINE E.W.; 1977 – *The identity of Leucaspis gigas (Homoptera: Diaspididae), with descriptions of four similar species in New Zealand*. - New Zealand Journal of Zoology, 4: 153-164.
- DEKLE G.W., 1976 – *Florida Armored Scale Insects. Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. 3*. - Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Gainesville, 345 pp.
- EVANS H.C., PRIOR C., 1990 – *Entomopathogenic fungi*. In: Armored scale insects their biology, natural enemies and control; World Crop Pest 4B, Rosen, Ed. Elsevier, Amsterdam, 3-17.
- FERRIS G.F., 1952 – *Report upon scale insects collected in China (Homoptera: Coccoidea)*. - Microentomology, 17: 7-9.
- HENK D.A., VILGALYS R., 2007 – *Molecular phylogeny suggests a single origin of insect symbiosis in the Pucciniomycetes with support for some relationships within the genus Septobasidium*. - American Journal of Botany, 94(9): 1515-1526.
- KALSHOVEN L.G.E., 1981 – *Pests of crops in Indonesia*. - P. T. Ichtiar Baru-Van Hoeve, Jakarta. 701 pp.
- MCDADE L.A., BAWA K.S., HESPENHEIDE H.A., HARTSHORN G. S. (Eds.), 1994 – *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rainforest*. - Chicago: The University of Chicago Press, 486 pp.
- MCKENZIE H.L., NELSON-RESS W.A., 1962 – *Two new species and additional collection records for the genus Protodiaspis (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae)*. - Hilgardia, 33: 133-139.
- MILLER D.R., DAVIDSON J.A., 2005 – *Armored scale insect pests of trees and shrubs*. - Cornell University Press, 442 pp.
- MURAKAMI Y., 1970 – *A Review of Biology and Ecology of Diaspine Scales in Japan (Homoptera, Coccoidea)*. - Mushi, 43(7): 65-114.
- NAGARKATTI S., SANKARAN T., 1990 – *Tea*. In: Armored scale insects their biology, natural enemies and control; World Crop Pest 4B, Rosen, D. Ed. Elsevier, Amsterdam: 553-562.
- PERROTTA G., PACETTO M., 1973 – *Septobasidium michelianum, fungo simbiote di cocciniglie, osservato su piante di olivo, in Sicilia*. - Tecnica Agricola, 25(6): 421-426.
- PORCELLI F., FRISULLO S., 1998 – *The fungus Nectria aurantiicola Berk. et Br. (Fusarium larvarum Fuckel) a biocontrol agent of the armored scale Suturaspis archangelskyae (Lindinger) in Apulia (Southern Italy)*. - Entomologica, Bari, 32: 109-119.
- RATTAN S.C., 1974 – *Velvet blight*. - Quarterly News Letter, Tea Research Foundation of Central Africa, 35: 8 (Abstract).
- TAKAGI S., THO Y.P., KHOO S.G., 1988 – *Does Africaspis (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) Occur In Asia?*. - Insecta Matsumurana, 39: 1-34.
- TANADA Y., KAYA H.K., 1993 – *Insect Pathology*. Academic Press, 666 pp.
- WHITTLE A.M., 1992 – *Diseases and pests of Citrus in Vietnam*. - FAO Plant Protection Bulletin, 40(3): 75-81.
- WILLIAMS D.J., 1980 – *Andaspis dasi Williams identical with A. numerata Brimblecombe (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) a species found on tea and associated with the fungus Septobasidium*. - Bulletin of Entomological Research, 70: 259-260.
- WILLIAMS D.J., BROOKES H.M., 1995 – *A review of the scale insect subtribe Andaspidina (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) and a new genus, Notandaspis, for two Australian species*. - Transactions of the Royal Society of South Australia, 119(3-4): 183-189.
- 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.

PSEUDOCOCCUS COMSTOCKI (KUWANA) SU FRUTTIFERI E ORNAMENTALI NELL'ITALIA NORD-ORIENTALE E IN ALTRI PAESI EUROPEI

GIUSEPPINA PELLIZZARI (*) - NICOLA MORI (*)

(*) *Università di Padova, Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente DAFNAE, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Italy; giuseppina.pellizzari@unipd.it; nicola.mori@unipd.it*
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo".
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

Pseudococcus comstocki (Kuwana) on fruit trees and ornamentals in North eastern Italy and other European countries.

P. comstocki (Kuwana) is a polyphagous mealybug native to Eastern Asia and incidentally introduced in many countries. It was first recorded in Western Europe (Italy and France) in 2004 on ornamental mulberry trees and later detected in other European countries. It is presently a pest in peach and apple orchards both in Italy and France. Damages consist mostly in fruit quality deterioration. Information on its distribution, host plants, phenology, ethology, damages and natural enemies in north-eastern Italy are reported. In North eastern Italy the species develops three annual generations and overwinters mostly in the egg stage. The parasitoid *Clausenia purpurea* (Ishi) (Encyrtidae) is an active natural enemy of the mealybug presently distributed in the Veneto region. A comparison with the natural enemies of *P. comstocki* recorded in France and in Japan, the native area of the mealybug, is reported,

KEY WORDS: *The Comstock mealybug*, peach and apple orchards, ornamentals, mulberry trees Europe.

INTRODUZIONE

La cocciniglia asiatica *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Hemiptera, Pseudococcidae) si è progressivamente diffusa nell'Italia nord orientale a partire dal 2004, anno della sua prima segnalazione su gelso (PELLIZZARI, 2005). Nello stesso anno la specie veniva segnalata in Francia, sempre su gelso (KREITER & GERMAIN, 2005). Pochi anni dopo si osservavano le prime infestazioni in pescheti del veronese, in meleti dell'Emilia-Romagna (PELLIZZARI *et al.*, 2008; VISIGALLI *et al.*, 2008; MASI *et al.*, 2010) e in meleti francesi (HANTZBERG *et al.*, 2008).

Dopo le recenti infestazioni verificatesi nel 2012 e nel 2013 in meleti biologici veronesi appare opportuna una rassegna su quanto noto sinora riguardo questa cocciniglia e sui possibili mezzi di contenimento.

DISTRIBUZIONE

Individuato su gelso in Giappone e descritto da Kuwana (1902), *P. comstocki* è considerato originario dell'Asia orientale (Giappone, Corea, Cina), ed è presente anche in Cambogia Vietnam, Indonesia, Malesia. Si è progressivamente diffuso nelle

repubbliche centro-asiatiche (Afghanistan, Azerbaijan, Kazakistan, Kirgizstan, Tajikistan, Turkmenistan, Uzbekistan, Iran), in Russia e in paesi dell'ex Unione Sovietica (Armenia, Georgia, Moldavia, Ucraina) (ROMANCHENKO & BELSKAYA, 1981; BEN-DOV *et al.*, 2013); recentemente è stato segnalato in Turchia (KAYDAN & KOZAR, 2010).

Introdotta accidentalmente in California e New York (1918) e osservata dapprima su Catalpa e gelso, ha successivamente invaso anche molti altri Stati e il Canada (Ontario) dove si è dimostrato dannoso, oltre che a ornamentali, anche ai fruttiferi (melo, pero, pesco e albicocco), con pullulazioni verificatesi soprattutto tra gli anni '20-'40 e '70-'90 del secolo scorso (HOUGH, 1925; WOODSIDE, 1936; COX, 1940; PHILLIPS, 1961; MEYERDIRK & NEWELL, 1979; AGNELLO *et al.*, 1992; KOSZTARAB, 1996).

Occasionali segnalazioni riguardano Brasile e Argentina, le isole della Micronesia (BEN-DOV *et al.*, 2013).

In Italia *P. comstocki* si è diffuso in pochi anni nel Veneto, dall'iniziale focolaio in provincia di Verona e anche nelle province di Padova, Treviso e Venezia, ed in Emilia Romagna (province di Parma, Modena, Bologna, Ferrara), sia in ambiente urbano su ornamentali che in pieno campo (REGGIANI *et al.*, 2011; PELLIZZARI *et al.*, 2012).

In Francia è presente nei meleti delle regioni Provence-Alpes-Côte d'Azur e Languedoc-Roussillon, (HANTZBERG *et al.*, 2008; GROUSSIER-BOUT *et al.*, 2011).

In Europa, oltre ad Italia e Francia la cocciniglia è stata individuata, mediante trappole a feromoni, in Austria e Svizzera (KOZÁR, 2013, *in litteris*). In Croazia, è recente l'accidentale introduzione tramite importazione di frutta infestata dalla Cina (MASTEN MILEK & SIMALA, 2008; MASTEN MILEK *et al.*, 2009).

P. comstocki è quindi da considerare tra i “serial invaders”, cioè tra le specie che progressivamente e in breve tempo invadono paesi diversi a partire dall'areale di origine.

PIANTE OSPITI

P. comstocki è una specie altamente polifaga. Un elenco delle 47 famiglie botaniche che comprendono piante ospiti della cocciniglia è riportato in tab. 1 (BEN-DOV *et al.*, 2013); vi predominano specie appartenenti alle Rosaceae, ma non mancano segnalazioni su conifere e anche su *Ginkgo biloba*.

Il gelso e la catalpa sono ovunque le piante arboree più comunemente e intensamente infestate, mentre tra i fruttiferi sono da ricordare melo, pero, pesco nelle regioni temperate, agrumi, melograno, vite e svariate piante subtropicali nelle regioni più calde (MEYERDIRK & NEWELL, 1979).

In Italia *P. comstocki* è stato riscontrato su nume-

rose ornamentali (tab. 2) mentre le infestazioni economicamente dannose interessano pesco, melo e pero, sia in frutteti convenzionali che biologici; molto recentemente (2013) *P. comstocki* è stato individuato in provincia di Treviso anche su vite, già nota come pianta ospite della cocciniglia (MEYERDIRK & NEWELL, 1979; KAYDAN & KOZÁR, 2010).

IDENTIFICAZIONE

L'identificazione specifica basata sulla morfologia di femmine adulte montate su vetrino è spesso un ostacolo per la rapida determinazione di pseudococcidi, caratterizzati da similarità morfologiche le cui differenze possono essere colte solo da specialisti. *P. comstocki* è morfologicamente simile a *P. viburni* Signoret con il quale può essere confuso (Fig. 1) (COX, 1977).

Recenti lavori di analisi molecolare delle specie di pseudococcidi più comuni e dannose permettono di superare tale ostacolo. Lavori relativi a DNA barcodes di *P. comstocki* e altre specie affini sono stati messi a punto da MALAUSA *et al.* (2011), BELTRÀ *et al.* (2012), ABD-RABOU *et al.* (2012).

CICLO BIOLOGICO E FENOLOGIA

Lo svernamento è sostenuto dalle uova, deposte entro ovisacchi cerosi a partire dall'autunno; tal-

Tabella 1 – Famiglie botaniche che comprendono piante ospiti di *P. comstocki*.

Aceraceae	Loranthaceae
Amaryllidaceae	Lythraceae
Anacardiaceae	Meliaceae
Aquifoliaceae	Moraceae
Araceae	Musaceae
Araliaceae	Oleaceae
Asteraceae	Pandanaceae
Berberidaceae	Philadelphaceae
Betulaceae	Pinaceae
Bignoniaceae	Pittosporaceae
Buxaceae	Platanaceae
Cactaceae	Poaceae
Caprifoliaceae	Punicaceae
Celastraceae	Rhamnaceae
Crassulaceae	Rosaceae
Elaeagnaceae	Rubiaceae
Ericaceae	Rutaceae
Fabaceae	Salicaceae
Fagaceae	Sapindaceae
Ginkgoaceae	Taxaceae
Hippocastanaceae	Theaceae
Hydrangeaceae	Ulmaceae
Hypericaceae	Vitaceae
Lauraceae	



Fig. 1
Femmine adulte di *P. comstocki*

Tabella 2 – Piante ospiti e località di reperimento di *P. comstockie* in Veneto e Emilia Romagna.

Pianta ospite	Località	Provincia	Anno
Anacardiaceae			
<i>Cotinus</i> sp.	Treviso	Treviso	2008
Araliaceae			
<i>Hedera helix</i>	Treviso	Treviso	2008
Berberidaceae			
<i>Mabonia aquifolium</i>	Treviso	Treviso	2008
Betulaceae			
<i>Carpinus betulus</i>	Treviso	Treviso	2008
Bignoniaceae			
<i>Catalpa bignonioides</i>	Castelnuovo del Garda	Verona	2007
Caprifoliaceae			
<i>Viburnum tinus</i>	Treviso S. Martino Buon Albergo Ca di David Verona	Treviso Verona Verona Verona	2006, 2008 2007 2008 2008
Elaeagnaceae			
<i>Elaeagnus</i> sp.	Treviso	Treviso	2008
Hypericaceae			
<i>Hypericum calycinum</i>	Castelnuovo del Garda	Verona	2006
Moraceae)			
<i>Morus alba</i>	Verona Dossobuono	Verona Verona	2004 2008
<i>Morus nigra</i>	Dossobuono Rizza Castel d'Azzano Alpo, Ca' di David Marchesino Bovo Verona Paese	Verona Verona Verona Verona Verona Verona Treviso	2008, 2009 2008 2008 2008 2008 2008 2011
<i>Morus pendula</i>	Castelnuovo del Garda	Verona	2009
Oleaceae			
<i>Jasminum</i>	Parma	Parma	2013
Pittosporaceae			
<i>Pittosporum tobira</i>	Treviso	Treviso	2008
Rosaceae			
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	Treviso	Treviso	2008
<i>Malus communis</i>	Legnaro Ronco all'Adige Zevio	Padova Verona Verona	2007, 2008, 2011 2012 2013
<i>Prunus persica</i>	Alpo di Villafranca Dossobuono Lugagnano-Sona Verona- Dieci Bine Buttapietra Treviso	Verona Verona Verona Verona Verona Treviso	2006, 2007, 2013 2008, 2009 2007, 2008, 2009 2008 2008, 2010 2010
<i>P. laurocerasus</i>	Treviso Villafranca	Treviso Verona	2006, 2008 2008
<i>Pyracantha coccinea</i>	Treviso	Treviso	2008
<i>Pyrus communis</i>	Legnaro Cavarzere	Padova Venezia	2007, 2008, 2011 2012
<i>Pyrus</i>	Novi di Modena	Modena	2006-2009
<i>Pyrus</i>	Cavenazzo	Modena	2006-2009
<i>Pyrus</i>	San Felice	Modena	2006-2009
<i>Pyrus</i>		Bologna	2007, 2011
<i>Pyrus</i>		Ferrara	2011
Vitaceae			
<i>Vitis vinifera</i>	Meolo	Treviso	2013

volta sono state osservate anche rare femmine o rari stadi giovanili negli anfratti della corteccia nei mesi invernali (MEYERDIRK & NEWELL, 1979; PELLIZZARI *et al.*, 2012; MALUMPHY, *in litteris*).

La durata del ciclo biologico e il numero di generazioni annuali (2-4) sono influenzati dalle condizioni meteorologiche dei diversi paesi. In Cina e in Corea del Sud la specie svolge tre generazioni all'anno (JEON *et al.*, 2003; LIU, 2004; ZHENG, 2006).

Negli Stati Uniti, dove *P. comstocki* è presente da quasi un secolo, si verificano in California da tre a quattro generazioni per anno (BARTLETT & CLANCY, 1972; MEYERDIRK & NEWELL, 1979), in Virginia tre (HOUGH, 1925; KOSZTARAB, 1996), mentre nello Stato di New York, caratterizzato da clima più freddo, ne avvengono solo due, con presenza di femmine adulte tra luglio e agosto (prima generazione) e da fine agosto in poi (seconda generazione) (AGNELLO *et al.* 1992).

Anche in Ucraina sono state osservate due generazioni annuali (ROMANCHENKO & BELSKAYA, 1981).

In Francia, nelle due località di studio site in Vaucluse e Alpes-Maritimes, secondo FLEISCH *et al.* (2011) si svolgono due generazioni annuali, con picchi presenze di neanidi di 1° età a metà luglio e in settembre.

In Italia, dove la biologia di CMB è stata studiata in dettaglio in screenhouse e verificata in un pescheto commerciale in provincia di Verona (PELLIZZARI *et al.*, 2012), *C. comstocki* compie tre generazioni annuali. La schiusura delle uova svernanti avviene da marzo ad aprile, in concomitanza con l'emissione delle foglie (es. su gelso) delle piante ospiti o la caduta dei petali (su melo) e le neanidi neonate si spostano dal legno alla pagina inferiore delle foglie o dei mazzetti fiorali. Le prime femmine adulte compaiono all'inizio di giugno e si osservano fino a metà luglio circa.

La deposizione delle uova, che avviano la seconda generazione, avviene tra l'ultima decade di giugno e l'inizio di luglio.

Le femmine adulte di seconda generazione sono presenti dall'inizio di agosto fino a metà settembre circa e ovidepongono fino a settembre avanzato.

Le prime femmine adulte della terza e ultima generazione compaiono dall'inizio di ottobre in poi, mentre la deposizione delle uova destinate a svernare inizia all'incirca a metà ottobre e può proseguire a ritmo decrescente fino alla prima decade di novembre quando ancora si possono trovare sul legno rare femmine ovideponenti. Questa tardiva deposizione di uova viene confermata nei paesi dove la fenologia di *P. comstocki* è stata studiata all'aperto nel corso dell'intera annata (HOUGH,

1925; JEON *et al.*, 2003; PELLIZZARI *et al.*, 2012) mentre può sfuggire dove i campionamenti vengono interrotti in ottobre, a raccolta avvenuta, e vengono perciò identificate solo due generazioni.

Riguardo alla fecondità in una preliminare prova di laboratorio condotta in Italia (RAINATO, 2009) è emerso che alla temperatura di 25° la fecondità media è stata di 214 uova/ femmina (minimo 68, massimo 321), mentre a 30 °C di sole 29 uova/ femmina (minimo 3, massimo 69). Questi dati sono in accordo con uno studio di HEIDARI, (1999) in cui, sempre in laboratorio, la fecondità media a 26° e 30° è stata rispettivamente di 226 e 58 uova/femmina. In Francia, secondo uno studio di HANTZBERG *et al.*, (2008) a 23° la fecondità media è di 200 uova (minimo 65, max 420 uova/femmina).

ETOLOGIA

P. comstocki è una specie molto mobile e il ciclo biologico è caratterizzato dagli spostamenti delle neanidi della linea femminile e maschile e delle femmine preovigere dal legno alle foglie e viceversa.

Le uova svernanti vengono deposte sul tronco e sui rami delle piante ospiti, in ovature dall'aspetto cotonoso, inserite sotto la corteccia, entro anfrattuosità del legno o altri luoghi protetti. In primavera, in coincidenza con lo sviluppo delle nuove foglie, le neanidi neonate si spostano dal legno e si localizzano sui mazzetti fiorali del melo e sulla pagina inferiore delle foglie, generalmente vicino alla nervatura principale, iniziando a nutrirsi. Raggiunta la seconda età, le neanidi della linea maschile abbandonano in buona parte le foglie e si spostano sul legno dove, in luoghi protetti formeranno un incospicuo pupario entro il quale completano il loro sviluppo, sfarfallano, per poi morire entro due giorni. Per tale motivo i maschi sono difficilmente visibili in pieno campo nel corso di ispezioni, mentre i loro voli sono ben identificabili con l'impiego di trappole a feromoni.

Le neanidi, soprattutto quelle di 3^a età, e le femmine adulte, manifestano una chiara tendenza ad abbandonare le foglie per ricercare anfrattuosità del tronco dove completare il ciclo e deporre le uova (Fig. 2). In questa fase di ricerca di zone protette, molte si insediano stabilmente nella cavità peduncolare e calicina dei frutti, sia immaturi che prossimi alla raccolta, ove vengono anche deposte le uova (Fig. 3, 4). Su piante giovani, con corteccia liscia, che non offre ripari, le femmine scendono fino alla base della pianta e possono deporre al colletto, sulle radici affioranti o anche tra le erbe o sul terreno.

Una quota della popolazione tuttavia permane



Fig. 2
Ovisacchi su tronco di pesco durante l'estate.



Fig. 3
Pesca infestata da femmine e stadi giovanili in giugno.

sulle foglie fino alla deposizione delle uova, che vengono deposte a ridosso della nervatura principale in ammassi che spesso comprendono ovature di più femmine (Fig. 5).

SINTOMATOLOGIA E DANNI

I danni sono causati dalla suzione di linfa, dall'emissione di abbondante melata e dal conseguente sviluppo di fumaggini. Sintomi dell'attacco e



Fig. 4
Pesca infestata da femmine in agosto.



Fig. 5
Ovisacchi di femmine della prima generazione sulla pagina inferiore di una foglia di melo.

danni possono essere osservati sulle diverse parti della pianta.

- Su foglie: imbrattamento da cera bianca (ovisacchi, esuvie), melata, fumaggini, caduta anticipata.
- Su parti legnose (tronco, rami, rami dell'anno): visibile presenza di ammassi di cera bianca (ovisacchi) su rami e tronchi, melata e fumaggini; aggregazione di cocciniglie su tagli di potature cicatrici, ecc.; sviluppo di pseudogalle su giovani rami di gelso (Fig. 6).
- Su frutti immaturi e maturi: malformazione e disseccamento di frutticini (su melo), presenza di stadi giovanili, femmine e ovature nelle cavità peduncolari e calicine, imbrattamento di melata e fumaggine (Fig. 7), sviluppo di marcescenza a partire dalle cavità peduncolare e calicina.

L'attività della cocciniglia ha un impatto economico diverso a seconda che siano attaccate piante

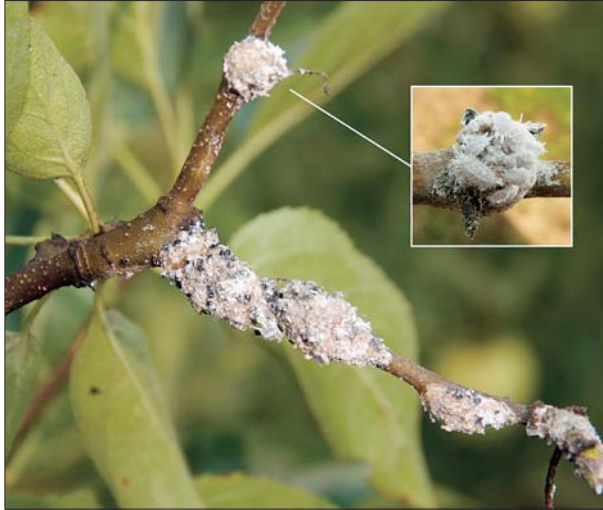


Fig. 6
Aggregazioni di pseudococcidi su rametti e ferite di potatura.



Fig. 7
Fumaggine su mela in settembre, alla raccolta.

fruttifere o ornamentali. Sui frutti di pesco e melo i danni derivano, oltre che dalle lesioni di nutrizione, soprattutto dallo sviluppo di fumaggini, in quanto i frutti imbrattati subiscono un notevole deprezzamento economico se destinati al consumo fresco.

Su gelso e ornamentali il danno è estetico in quanto, con forti infestazioni, vi è annerimento della vegetazione e caduta anticipata delle foglie.

DISPERSIONE

Le formiche concorrono attivamente alla diffusione della cocciniglia. In campo le formiche trasportano cocciniglie tra le mandibole, dalle foglie o dai rami fino alla zona del colletto, dove, sulle prime radici si formano piccole colonie, continuamente accudite dalla formiche che provvedono a

coprire tale zona con uno straterello terroso protettivo. Queste piccole colonie passano del tutto inosservate in quanto mascherate dalla terra e, in caso di lotta chimica, sfuggono all'azione della sostanza attiva eventualmente distribuita sulla chioma (Fig. 8).

La dispersione passiva ha un ruolo notevole, ed è favorita dalla mobilità delle femmine che spesso per ovideporre sulle parti basali della pianta, si lasciano cadere dalle foglie, cadendo possono casualmente posizionarsi su oggetti che vengono poi movimentati su lunghe distanze. Le foglie con ovisacchi, annerite e cadute a terra, vengono facilmente disperse con il vento contribuendo a diffondere la specie. La raccolta di frutti infestati e lo spostamento dei cassoni di raccolta della frutta da un'azienda all'altra concorrono a disperdere la specie tra i frutteti mentre il commercio di frutti infestati assume un ruolo minore (BARTLETT & CLANCY, 1972; MASTEN MILEK *et al.*, 2009).

In questo contesto non è da trascurare la diffusa presenza del gelso nel paesaggio agrario del Veneto, dove la sericoltura era un tempo molto diffusa. Il gelso è ovunque la pianta ospite più comune di *P. comstocki* e queste piante agiscono perciò come centri di mantenimento e di dispersione della specie che da questi alberi può passare ai frutteti confinanti.

NEMICI NATURALI

In Giappone, areale originario di *P. comstocki*, sono soprattutto tre i parassitoidi più frequenti ed efficaci della cocciniglia: *Clausenia purpurea*



Fig. 8
Colonia di *P. comstocki* nella zona del colletto, su melo

(Ishii), parassitoide solitario di *P.comstocki* e pochi altri pseudococcidi (NOYES & HAYAT, 1994), *Pseudaphycus malinus* Gahan, *Allotropa burrelli* Muesebeck e *A. convexifrons* Muesebeck, parassitoidi specifici e gregari (MURAKAMI *et al.*, 1967).

In Cina DONG (1993) riporta l'elevata predazione da parte di *Cryptolaemus montrouzieri* sia a carico di stadi mobili sia a carico di uova di *P. comstocki* con una riduzione dell'88% e del 91% rispettivamente.

In seguito agli insuccessi della lotta chimica contro *C. comstocki*, i parassitoidi *A. burrelli* e *P. malinus* sono stati importati a più riprese dal Giappone alla California e impiegati con successo in programmi di lotta biologica. *C. purpurea* invece è arrivata insieme al suo ospite negli Stati Uniti dell'Est, dove risulta frequente ed efficace, in particolare contro la terza generazione di *C. comstocki*, mentre ha difficoltà di insediamento in California dove è stato introdotto (COX, 1940; CLANCY, 1944; HAEUSSLER & CLANCY, 1944; BARTLETT & CLANCY, 1972; MEYERDIRK & NEWELL, 1979a; MEYERDIRK *et al.*, 1981).

In provincia di Verona e Treviso le indagini condotte nel 2007 e 2008 hanno evidenziato la presenza di 4 specie di parassitoidi a carico di *P. comstocki* (tab. 3) (GUERRIERI e PELLIZZARI, 2009); tra questi, la specie più diffusa e importante è *Clausenia purpurea* (Ishii). La stessa è stata trovata in Francia pochi anni dopo (FLEISCH *et al.*, 2011). In entrambi i casi questo parassitoide, mai segnalato prima in Europa, è arrivato insieme al suo ospite, senza quindi introduzioni intenzionali.

In Francia, le indagini effettuate su gelsi infestati dalla cocciniglia hanno permesso il ritrovamento anche di *P. malinus* (FLEISCH *et al.*, 2011).

I Coccinellidi *Harmonia axyridis* (Pallas) e *Cryptolemus montrouzieri* sono stati osservati solo occasionalmente rispettivamente in Italia e

Francia meridionale (MASI *et al.*, 2010; FLEISCH *et al.*, 2011).

I parassitoidi e predatori di *P. comstocki* noti in Italia, Francia e Giappone sono riportati in tab. 3.

CONCLUSIONI

P. comstocki è un fitofago emergente già presente in alcuni paesi europei e dannoso ai fruttiferi e piante ornamentali in Francia e Italia. Le recenti infestazioni (2012, 2013) verificatesi nel Veneto in meleti biologici sono probabilmente da imputare ai ripetuti trattamenti con insetticidi a largo spettro d'azione che, eliminando il parassitoide, hanno consentito l'aumento delle densità di popolazione della cocciniglia. Il caso opposto si è verificato in un pescheto a conduzione tradizionale ed in un parco urbano, dove la diminuzione dei trattamenti chimici (PELLIZZARI *et al.*, 2012) ha permesso il ripopolamento naturale da parte del parassitoide e il contenimento di *P. comstocki* a livelli numerici non dannosi. La presenza di *C. purpurea* nel territorio è assicurata dalle piante di gelso che fungono da serbatoi naturali sia della cocciniglia ma anche del suo parassitoide. In caso forti infestazioni, con conseguente presenza di un elevato numero di uova svernanti sui tronchi, si consiglia, nell'annata successiva, di intervenire con prodotti neurotossici (ammessi per le specifiche colture), attivati o meno con oli minerali paraffinici, in presenza di neanidi di prima età, della prima generazione. Negli ambienti monitorati del Veneto queste sono presenti all'incirca da metà aprile a metà maggio, e si localizzano sulla pagina inferiore delle foglie. In ambiente urbano su ornamentali è risultato efficace anche l'impiego di neonicotinoidi applicati per fertirrigazione alla comparsa delle prime neanidi. Il comportamento migratorio delle neanidi di età più avanzata e delle

Tabella 3 – Nemici naturali di *P. comstocki* riscontrati rispettivamente in Giappone, Italia e Francia.

	Giappone	Italia	Francia
Encyrtidae	<i>Pseudaphycus malinus</i> Gahan.	<i>Pseudaphycus maculipennis</i> Mercet	<i>Pseudaphycus malinus</i> Gahan.
	<i>Clausenia purpurea</i> Ishii	<i>Clausenia purpurea</i> Ishii	<i>Clausenia purpurea</i> Ishii
	<i>Anagyrus</i> sp <i>Anagyrus subalbipes</i> Ishii	<i>Anagyrus</i> sp. near <i>pseudococci</i> (Girault)	<i>Anagyrus</i> sp
		<i>Chrysoplatycerus splendens</i> (Howard)	<i>Leptomastidea bifasciata</i> Mayr <i>Leptomastix epona</i> Walker
Platygastridae	<i>Allotropa burelli</i> Muesebeck <i>Allotropa convexifrons</i> Muesebeck		
Coccinellidae	<i>Cryptolemus montrouzieri</i> Mulsant	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	<i>Cryptolemus montrouzieri</i> Mulsant

femmine adulte, assieme all'attività insidiosa delle formiche, potrebbero rendere meno efficaci trattamenti eseguiti in epoche diverse.

BIBLIOGRAFIA

- AGNELLO A.M., SPRANGLER S.M., REISSIG W.H., LAWSON D.S., WEIRES R.W., 1992 - *Seasonal development and management strategies for Comstock mealybug (Homoptera: Pseudococcidae) in New York pear orchards*. - Journal of Economic Entomology, 85, 212-225.
- BARTLETT B.R., CLANCY D.W., 1972 - *The Comstock Mealybug in California and observations on some of its natural enemies*. - Journal of economic Entomology, 65: 1329-1332.
- BELTRÀ, A., SOTO, A. & MALAUSA, T., 2012 - *Molecular and morphological characterisation of Pseudococcidae surveyed on crops and ornamental plants in Spain*. - Bulletin of Entomological Research, 102:165-172
- BEN-DOV Y., MILLER D.R., GIBSON G.A.P., 2013 - ScaleNet: a database of the scale insects of the world. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm> (Accessed September 2013).
- BURGIO G., SANTI F., LANZONI A., MASETTIA., DE LUIGI V., MEANDRI M., REGGIANI A., RICCI C., LOOMANS A. J. M., MAINI S., 2008 - *Harmonia axyridis recordings in northern Italy*. - Bulletin of Insectology, 61: 361-364.
- CLANCY D.W., 1944 - *Hyperparasitization of Clausenia purpurea Ishii, an important parasite of the Comstock mealybug*. - Journal of Economic Entomology, 37(3): 450-451.
- COX J.A., 1940 - *Comstock's mealybug on apple and catalpa*. - Journal of Economic Entomology, 44: 445-447.
- COX J. M., 1977 - *Status of New Zealand records of Pseudococcus comstocki and P. maritimus (Homoptera: Pseudococcidae)*. - New Zealand Journal of Zoology, 4:2, 165-166
- DELGADO M., 2008 - *Cochenille farineuse: la lutte biologique à l'essai*. - L'arboriculture Fruitière, 624: 30-31.
- DONG, H., 1993 - A preliminary study on the occurrence of *Pseudococcus comstocki* (Hom.: Pseudococcidae) on *Clivia miniata* and its control with inundative release of *Cryptolaemus montrouzieri* (Col.: Coccinellidae). (In cinese, Summary in inglese). - Chinese Journal of Biological Control 9 (1): 12-14.
- FLEISCH A., KREITER P., PEDIO J., HANTZBERG H., GIUGE L., PEREZ L., RIS N., MALAUSA T., BRANCACCIO F., GROUSSIER-BOUT G., WAROT S., KREITER P., 2011 - *Lutte biologique contre Pseudococcus comstocki Kuwana (Hemiptera, Pseudococcidae) en France: état de lieux des recherches*. AFPP-Les cochenilles: ravageur principal ou secondaire. Montpellier, 25 Octobre 2011 (ISBN: 978-2-905550-25-5, AFPP, octobre 2011): 1-10.
- GROUSSIER-BOUT G., FLEISCH A., KREITER P., GERMAIN J.F., BRANCACCIO L., BESSAC M., WAROT S., RIS N., MALAUSA T., 2011 - *Etat des lieux en France de la repartition de Pseudococcus comstocki (Hemiptera, Pseudococcidae) en 2011*. AFPP, Les cochenilles: ravageur principal ou secondaire. Montpellier, 25 Octobre 2011 (ISBN: 978-2-905550-25-5, AFPP, octobre 2011):1-9.
- GUERRIERI E., PELLIZZARI G., 2009 - *Parasitoids of Pseudococcus comstocki in Italy: first records of Clausenia purpurea and Chrysoplatycerus splendens from Europe*. - Bulletin of Insectology, 62 (2): 179-182.
- HAEUSSLER, G.J. & CLANCY, D.W., 1944 - *Natural enemies of Comstock mealybug in the eastern states*. Journal of Economic Entomology 37(4): 503-509.
- HANTZBERG H., GILI A., GIUGE L., KREITER P., 2008 - *Etude des traits d'histoire de vie de Pseudococcus comstocki (Hemiptera, Pseudococcidae) et inventaire faunistique préliminaire dans le Sud de la France*. AFPP - 8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, 22 et 23 Octobre 2008: 573-580.
- HEIDARI M., 1999 - *The intrinsic rate of increase and temperature coefficients of the Comstock mealybug, Pseudococcus comstocki (Kuwana) (Hemiptera Coccoidea Pseudococcidae)*. - Entomologica, 33: 297-303
- HOUGH W.S., 1925 - *Biology and control of Comstock's mealy bug on the umbrella catalpa*. - Virginia Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 29, 27 pp.
- JEON H.Y., KIM D.S., CHO M.R., CHANG Y.D., YIEM M.S., 2003 - *Temperature-dependent development of Pseudococcus comstocki (Homoptera: Pseudococcidae) and its stage transition models*. - Korean Journal of Applied Entomology, 42 (1): 43-51.
- KAYDAN, M.B. & KOZAR, F., 2010 - *New and rare mealybugs (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae, Putoidae) from Eastern Anatolia (Turkey)*. - Zoosystematica Rossica 20 (1): 28-39
- KREITER P., GERMAIN J.F., 2005 - *Pseudococcus comstocki, espèce nouvelle pour la France et Aonidiella citrina, nouvelle pour la Corse (Hem., Pseudococcidae et Diaspididae)*. - Bulletin de la Société entomologique de France, 110: 132.
- MALAUSA T., FENIS A., WAROT S., GERMAIN J.-F., RIS N., PRADO E., BOTTON M., VANLERBERGHE-MASUTTI F., SFORZA R., CRUAUD C., KREITER P., 2011 - *DNA markers to disentangle complexes of cryptic taxa in mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae)*. - Journal of Applied Entomology 135: 142-155
- MASI A., REGGIANI A., MAINI S., 2010 - *Indagini su Pseudococcus comstocki su pero in provincia di Modena*. - Atti delle Giornate Fitopatologiche 2010, I: 89-92.
- MASTEN MILEK T., SIMALA M., KORI B., 2009 - *The scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of imported fruits in Croatia*. Lectures and papers presented at the 9th Slovenian Conference on Plant Protection with International Participation, Nova Gorica, 4-5 March, 2009: 385-388.
- MEYERDIRK D.E., NEWELL I.M., 1979 - *Seasonal development and flight activity of Pseudococcus comstocki in California*. - Annals of the Entomological Society of America, 72: 492-494.
- MEYERDIRK D.E., NEWELL L.M., 1979a - *Importation, colonization, and establishment of natural enemies on the Comstock mealybug in California*. - Journal of Biological Control 72(1): 70-73.
- MEYERDIRK D.E., NEWELL I.M., WARKENTIN R.W., 1981 - *Biological control of Comstock mealybug*. - Journal of Economic Entomology, 74: 79-84.
- MURAKAMI Y., MORIMOTO R., KAJITA H., 1967 - *Possibility of biological control of Pseudococcus comstocki in Japan*. - Mushi, 39 (Suppl.): 85-96.
- PELLIZZARI G., 2005 - *Cocciniglie nuove o poco note potenzialmente dannose per l'Italia: Fiorina pinicola Maskell, Pseudococcus comstocki (Kuwana), Peliococcus turanicus (Kiritshenko)*. - L'Informatore Fitopatologico, 6: 20-25.
- PELLIZZARI G., DUSO C., RAINATO A., VISIGALLI T., 2008 -

- Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Hemiptera Pseudococcidae) pest of peach in north-eastern Italy. Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insects Studies, Oeiras, Portugal, 24-27 September 2007, ISA Press, Lisbon: 158.
- PELLIZZARI G., DUSO C., RAINATO A., POZZEBON A. ZANINI G., 2012 – *Phenology, ethology and distribution of Pseudococcus comstocki, an invasive pest in north-eastern Italy*. - Bulletin of Insectology 65 (2): 209-215.
- PHILLIPS J.H.H., 1961 – *An infestation of Comstock mealybug, Pseudococcus Comstocki (Kuw.) (Homoptera: Coccoidea) on peach in Ontario*. - Proceedings of the Entomological Society of Ontario, 91: 268-270.
- RAINATO A., 2009 – *Morphological and ecological studies on Hemiptera Coccoidea*. - Tesi di Dottorato, XXI ciclo, Università di Padova, Dottorato in Scienze delle Produzioni Vegetali, 161pp.
- REGGIANI A., BARISELLI M., MAINI S., 2011 – *Una cocciniglia esotica insidia la frutticoltura*. - Agricoltura-Mensile della Regione Emilia-Romagna, 4: 93-95.
- ROMANCHENKO A.A., BEL'SKAYA N.M. 1981 – *The Comstock mealybug in the Odessa region (in Russo)*. - Zashchita Rastenii, 4, 41 pp.
- VISIGALLI T., PELLIZZARI G., RAINATO A., TOSI L., MARCHESINI E., 2008 - *Pseudococcus comstocki (Kuwana) (Hemiptera, Pseudococcidae): una nuova minaccia per la frutticoltura veneta*. - Atti Giornate Fitopatologiche 2008, 1: 121-124.
- WOODSIDE A.M., 1936 - *Comstock's mealybug as an apple pest*. - Journal of Economic Entomology, 29 (3): 544-546.
- ZHENG, Y., 2006 – *The occurrence of Pseudococcus comstocki on bagged fruit of Huangguan pear cultivar and its control*. - China Fruits, 3, 56-57.

LE COCCINIGLIE ESOTICHE DELLE ORNAMENTALI RECENTEMENTE INTRODOTTE IN ITALIA E IN EUROPA

GAETANA MAZZEO (*) - SANTI LONGO (*) - GIUSEPPINA PELLIZZARI (**)
FRANCESCO PORCELLI (***) - AGATINO RUSSO (*)

(*) *Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali (DiGeSA). Università di Catania. Via S. Sofia, 100. 95123, Catania, Italy; gamazzeo@unict.it*

(**) *Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente (DAFNAE). Università di Padova. Agripolis, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Italy*

(***) *Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (DiSSPA). Università di Bari. Via G. Amendola, 165/A 70126 Bari, Italy*

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Le cocciniglie delle piante coltivate: nuove acquisizioni e possibili strategie di controllo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 7 giugno 2013.

Scale insects of ornamental plants recently introduced in Italy and Europe

Ornamental plants perform different roles beyond the purely aesthetic, providing shade, privacy and making pleasant places inhabited by men. They often come from tropical and subtropical countries carrying out several insects, and among these mainly scale insects. Scale insects have small size and morphological and biological features that allow them to hide and camouflage between all parts of the plants, eluding any control. In Italy, the introduction of alien insects was studied since the end of the Second World War, when commerce and transports increased giving to insects more opportunities of diffusion. The Authors analyze this phenomenon with particular regard to scale insects on ornamentals introduced in Italy since 1945. Until now, 49 are the recorded species that have been reported with a more and more increasing rate. In the last decade the rate of introduction was almost reduplicated due to easier and faster transports, to increased efficiency of controls and to the intensification of research. More than 50% of alien scale insects species are acclimated in the new areas, finding favorable conditions for their establishment in relation to the changed climatic conditions probably linked to global warming. The authors report, in addition, the alien species of scale insects recently introduced or intercepted on ornamental plants in Europe.

KEY WORDS: Hemiptera Coccoidea, alien species, phytosanitary importance.

INTRODUZIONE

Le piante ornamentali, coltivate principalmente per le loro peculiarità estetiche, assolvono diversi altri ruoli legati all'idea del benessere e pertanto, sia a livello privato sia a livello pubblico, le essenze sono scelte per offrire ombra, protezione e svago, oltre che per abbellire e completare le strade e i luoghi abitati dall'uomo.

Le essenze utilizzate spesso provengono da aree geografiche lontane, principalmente tropicali e subtropicali. Nei giardini privati, si assiste spesso a una continua introduzione di vegetali e, soprattutto nel settore delle ornamentali succulente, gli appassionati sono soliti scambiarsi piante o porzioni di queste, eludendo qualsiasi controllo da parte degli organi preposti.

Gli scambi commerciali e/o amatoriali costituiscono in tal modo un veicolo preferenziale per organismi animali quali gli insetti e tra questi, ancor più per quelli che riescono in qualche modo a "passare inosservati", come le cocciniglie. Tale ampio gruppo di Sternorrhynchi, che comprende in tutto il mondo oltre 7.700 specie (BEN DOV *et al.*,

2013), è caratterizzato da individui di piccole dimensioni, con femmine attere e legate strettamente alle piante delle quali sono in grado di colpire tutti gli organi e con le quali sovente viaggiano, perfettamente mimetizzate o nascoste tra foglie, brattee, frutti, radici.

Molte di tali specie arrivano nei nostri areali riuscendo, in diversi casi, anche ad insediarsi più o meno stabilmente, in virtù delle loro caratteristiche biologiche che consentono l'acclimatazione nell'ambiente in cui arrivano. Vari fattori agiscono favorendone l'insediamento: clima, presenza di piante ospiti, assenza di specifici nemici naturali, strategie riproduttive (JUCKER & LUPI, 2011). Con molta probabilità anche il riscaldamento globale gioca un ruolo importante in tale fenomeno, modificando le condizioni climatiche e, di conseguenza, la stessa fenologia delle piante ospiti nonché creando condizioni di sopravvivenza per specie provenienti da aree tropicali e sub tropicali, che riescono più facilmente a insediarsi e svilupparsi nelle nuove condizioni ecologiche.

L'Italia, inoltre, posta al centro del Mediterraneo rappresenta un punto nodale del commercio e del

turismo consentendo la colonizzazione attiva e passiva per numerose specie esotiche; ciò è evidenziato dal fatto che numerosi insetti alieni ritrovati in Italia sono compresi tra le 100 specie più invasive in Europa e in molti casi la prima segnalazione è stata fatta proprio in Italia (JUCKER & LUPI, 2011).

IL RITMO DI INTRODUZIONE DELLE COCCINIGLIE IN ITALIA

Nel corso degli anni si è assistito a un crescente numero di insetti alieni che è arrivato nel nostro Paese; essi sono costituiti per il 57,7% da Hemiptera, di cui il 97% rappresentato da Sternorrhinchi, introdotti principalmente attraverso le piante ornamentali (JUCKER & LUPI, 2011).

Facendo particolare riferimento alle cocciniglie che vivono su piante ornamentali, nel tempo si è verificato un aumento delle specie introdotte e segnalate.

TREMBLAY (1988) ha pubblicato una lista di insetti introdotti in Italia in 25 anni, dal 1960 al 1985, che comprendeva oltre 40 specie, costituite per il 75 % da Hemiptera Sternorrhinchi e, tra questi, principalmente da cocciniglie (20 entità). Più precisamente, nel lavoro citato, l'Autore riferiva che il più alto numero di specie esotiche è stato ritrovato proprio su piante ornamentali: 31 specie, 11 delle quali Coccoidea.

PELLIZZARI & DALLA MONTÀ un decennio dopo (1997) riprendevano tale lavoro considerando un periodo più ampio, dal 1945 al 1995, tale da consentire loro di mettere in relazione l'aumento della frequenza e celerità dei traffici e il ritmo di introduzione di nuove specie.

Gli Autori stimavano che nel cinquantennio considerato le specie introdotte ammontavano a circa un centinaio, la metà delle quali legata alle piante ornamentali. Per quanto riguardava le cocciniglie delle ornamentali, erano state introdotte in tale periodo 32 specie che costituivano il 37% degli insetti introdotti. Il 50% di tali specie era costituito complessivamente da Pseudococcidae e Rhizoecidae, il 28% da Diaspididae (Tabella 1).

Un ulteriore aggiornamento si è avuto nel 2005, con il lavoro di PELLIZZARI *et al.* (2005) riferito a un periodo di sessanta anni, dal 1945 al 2005, in cui venivano elencate altre 6 specie di cocciniglie aliene: i coccidi *Ceroplastes stellifer* (Westwood) e *C. ceriferus* (Fabricius); gli pseudococcidi *Trochiscococcus speciosus* (De Lotto) e *Phenacoccus solani* Ferris; i diaspini *Lopholeucaspis japonica* (Cockerell) e *Entaspidiotus lounsburyi* (Marlatt). A tale lista si è aggiunta la specie *Mercetaspis isis* (Hall), riscontrata su tamerice in Sicilia (NUCIFORA

Tabella 1 – Specie di cocciniglie introdotte in Italia nel periodo 1945-1995.

FAMIGLIA	SPECIE
PSEUDOCOCCIDAE	<i>Chaetococcus bambusae</i> (Maskell, 1892)
	<i>Delottococcus euphorbiae</i> (Ezzat & McConnell, 1956)
	<i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockerell, 1893)
	<i>Dysmicoccus mackenziei</i> Beardsley, 1965
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i> Beardsley, 1959
	<i>Hypogeococcus pungens</i> Granara de Willink, 1981
	<i>Nipaecoccus nipae</i> (Maskell, 1893)
	<i>Phenacoccus madeirensis</i> Green, 1923
	<i>Planococcus balli</i> Ezzat & McConnell, 1956
	<i>Pseudococcus microcirculus</i> McKenzie, 1960
RHIZOECIDAE	<i>Vryburgia rimariae</i> Tranfaglia, 1981
	<i>Rhizoecus americanus</i> (Hambleton, 1946)
	<i>Rhizoecus cacticans</i> (Hambleton, 1946)
	<i>Rhizoecus dianthi</i> Green, 1926
	<i>Rhizoecus latus</i> (Hambleton, 1946)
ERIOCOCCIDAE	<i>Ripersiella hibisci</i> (Kawai & Takagi, 1971)
	<i>Eriococcus coccineus</i> (Cockerell, 1894)
COCCIDAE	<i>Ovaticoccus agavium</i> (Douglas, 1888)
	<i>Ceroplastes japonicus</i> Green, 1921
	<i>Cryptinglisia lounsburyi</i> Cockerell, 1900
HALIMOCOCCIDAE	<i>Protopulvinaria pyriformis</i> (Cockerell, 1894)
	<i>Limacoccus brasiliensis</i> (Hempel, 1934)
PHOENICOCOCCIDAE	<i>Phoenicococcus marlatti</i> Cockerell, 1899
DIASPIDIDAE	<i>Aspidiotus destructor</i> (Signoret, 1869)
	<i>Aulacaspis tubercularis</i> (Newstead, 1906)
	<i>Gymnaspis aechmeae</i> Newstead, 1898
	<i>Odonaspis greeni</i> Cockerell, 1902
	<i>Pinnaaspis strachani</i> (Cooley, 1899)
	<i>Pseudaonidia paeoniae</i> (Cockerell, 1899)
	<i>Pseudaaulacaspis cockerelli</i> (Cooley, 1897)
	<i>Selenaspis albus</i> McKenzie, 1953
	<i>Umbaspis regularis</i> (Newstead, 1911)

& WATSON, 2001), portando a 39 entità il numero di specie introdotte fino al 2005.

Negli ultimi anni, altre segnalazioni hanno accresciuto il numero di cocciniglie aliene. In particolare sono state introdotte le specie riportate nella tabella 2.

Il ritmo di introduzione ha subito delle variazioni negli anni: nel cinquantennio 1945 – 1995 sono state introdotte 32 specie di cocciniglie, circa 0,64 specie/anno, nel decennio successivo ne sono state introdotte 7 (0,7/anno) e negli ultimi 8 anni il numero di specie segnalate è stato di 10 entità, portando a 1,25 il numero di specie/anno.

Ciò può essere messo in relazione da un lato con le aumentate possibilità di movimento e scambio, dall'altro all'approfondirsi degli studi che consente di scoprire specie presenti già da tempo nel territorio.

Le specie introdotte hanno manifestato diverse modalità di diffusione e un diverso esito, risultando per circa il 50% acclimatate con distribuzione limitata o ampia. Alcune di esse vengono sinteticamente trattate.

LE SPECIE PIÙ SIGNIFICATIVE INTRODOTTE IN ITALIA

Fam. *PSEUDOCOCCIDAE*

Hypogeococcus pungens Granara de Willink

Originario del Sud America, è stato segnalato in Italia nel 1986 come *Hypogeococcus foersterianus* Lyzer y Trelles (SÜSS & TREMATERRA, 1986) e successivamente trovato anche in Francia, Grecia e

Spagna (BEN-DOV *et al.*, 2013). In ambiente protetto lo pseudococcino ha comportamento omodinamo; infesta cactacee ornamentali del genere *Cereus* provocando abnorme proliferazione dei tessuti e arresto della fioritura e della fruttificazione; vive sulla parte aerea e sulle radici delle piante ospiti. La specie, diffusa nei primi anni dalla sua introduzione, sembra oggi relegata ad un ruolo marginale. È stata utilizzata con successo in Australia come agente di controllo biologico delle cactacee (MAZZEO *et al.*, 2008).

Ferrisia virgata (Cockerell)

Intercettata nel 2005 su piante di *Codiaeum variegatum*, importate dalla Costa Rica in un vivaio in provincia di Livorno (Toscana), non è più stata riscontrata.

Phenacoccus defectus Ferris

Specie nordamericana, è stata intercettata diverse volte a partire dal 2009 in Veneto su crassulacee in vaso. Segnalata per la prima volta in Europa in Gran Bretagna nel 1997, è stata in seguito ritrovata in Francia, in entrambi i casi su materiale proveniente dall'Italia (PELLIZZARI & PORCELLI, 2013). Si sviluppa su piante appartenenti a numerose famiglie, tra le quali Acanthaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Crassulaceae dei generi *Echeveria*, *Sempervivum*, *Sedum*, *Crassula*. A Padova, *P. defectus* è stato raccolto su varie crassulacee e *Senecio citrifolius* (Asteraceae).

La specie è molto simile a *Phenacoccus solani* Ferris, che dopo la prima segnalazione per il bacino del Mediterraneo in Sicilia su *Encephalartos*, nel 1999 (MAZZEO *et al.*, 1999), viene riportata per Israele (BEN-DOV, 2005), Turchia (KAYDAN *et al.*, 2008) e Spagna (BELTRÀ & SOTO, 2011); questa specie è polifaga e infesta numerose piante ornamentali.

Phenacoccus madeirensis Green.

Specie cosmopolita, diffusa in Africa, America del Nord, Centro e Sud, Caraibi, Oceania, Europa, Giappone, è stata segnalata in Europa nel 1923 nelle Isole Madeira (PELLIZZARI & GERMAIN, 2010b); è presente in Italia dal 1987 (MAROTTA, 1987), in Francia dal 2004 (MATILE-FERRERO & GERMAIN, 2004), in Grecia dal 2010 (PAPADOPOULOU & CHRYSOHOIDES, 2012). In Italia è stata segnalata in Campania, Basilicata, Calabria e successivamente in Sicilia (LONGO *et al.*, 1995) e nel 2009 a Sanremo su ibisco (PELLIZZARI & SACCO, 2010).

Specie polifaga, attacca piante afferenti a 47 famiglie. Infesta numerose essenze arboree ed erbacee di interesse agrario e ornamentale, tra le quali *Lantana*, *Pelargonium* e diverse cactacee.

Le sue infestazioni con cospicue popolazioni,

Tabella 2 – Specie di cocciniglie introdotte in Italia dal 2005 a oggi.

FAMIGLIA	SPECIE
PSEUDOCOCCIDAE	<i>Balanococcus kwoni</i> Pellizzari & Danzig, 2007
	<i>Ferrisia virgata</i> (Cockerell, 1893)
	<i>Phenacoccus defectus</i> Ferris, 1950
	<i>Phenacoccus peruvianus</i> Granara de Willink, 2007
	<i>Pseudococcus comstocki</i> (Kuwana, 1902)
	<i>Vryburgia brevicurvis</i> (McKenzie)
ERIOCOCCIDAE	<i>Acanthococcus mariannae</i> Pellizzari & Germain, 2010
	<i>Ovaticoccus agavacearum</i> Pellizzari & Kozar 2011
	<i>Ovaticoccus exoticus</i> Pellizzari & Kozar 2011
DIASPIDIDAE	<i>Fiorinia pinicola</i> Maskell, 1897

hanno causato inizialmente danni elevati alle piante ornamentali che venivano completamente defogliate e talora disseccavano; l'azione dei numerosi nemici naturali, tra i quali il coccinellide *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) e diversi imenotteri parassitoidi controllano attualmente le sue pullulazioni.

Phenacoccus peruvianus Granara de Willink

La cocciniglia della Bougainvillea, *Ph. peruvianus*, è stata segnalata in Europa per la prima volta nel 1999 in Spagna (Almeria) e successivamente, nel 2002 in Italia (Sicilia). Inizialmente confusa con altre congeneri, quali *P. madeirensis*, la specie è stata correttamente identificata dopo la pubblicazione della revisione di GRANARA DE WILLINK & SZUMIK (2007) e le diverse segnalazioni in Sicilia e in Europa sono state ricondotte a tale specie. In seguito, è stata segnalata in altre località della Spagna, oltre quella del primo rinvenimento, Isole Baleari, Gran Bretagna, Francia (Corsica inclusa), Monaco, Portogallo. Le piante ospiti sono costituite nella maggior parte dei casi da Nyctaginaceae (genere *Bougainvillea*), ma la specie è riportata anche su Acanthaceae, Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Aucubaceae, Myoporaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae e può essere considerata una specie polifaga (BELTRÀ *et al.*, 2010).

La rapida espansione indica che potrebbe essersi diffusa con il commercio di piante ornamentali. La specie è acclimatata e le infestazioni si ripropongono in primavera, sebbene l'azione dei nemici naturali abbia ridimensionato la sua presenza. In Spagna, numerosi parassitoidi e predatori svolgono una buona azione di contenimento (BELTRÀ *et al.*, 2013).

Vryburgia brevicurvis (McKenzie)

Considerata da Williams di origine australiana, è presente in diversi Paesi europei e in Israele; in Italia è stata ritrovata su *Stapelia*, a Padova, nel 2008 (PELLIZZARI, 2010a).

Fam. RHIZOECIDAE

Le specie di tale famiglia sono di piccole o piccolissime dimensioni; fitomizi ipogei, vivono a spese delle radici delle piante ospiti, eludendo spesso, in tal modo, i controlli fitosanitari in fase di importazione delle piante.

Rhizoecus americanus (Hambleton)

Descritto per l'America meridionale, è diffuso in diversi stati dell'America settentrionale e centrale (Messico, USA, Thailandia, Costa Rica, Cuba,

Ecuador, Honduras, Jamaica, Martinique, Panama, Porto Rico, Trinidad e Tobago, Isole Vergini Americane). Intercettato in Italia nel 1992 (RUSSO & MAZZEO, 1992) su radici di piante allevate in serra di *Saintpaulia* sp., di cui rappresenta uno dei principali fitofagi, non è stato ulteriormente rinvenuto.

Rhizoecus cacticans (Hambleton)

Specie subcosmopolita pantropicale, è stata segnalata in Italia nel 1981 (TRANFAGLIA, 1981) su radici di piante allevate in serra. MAROTTA (1987) ha riportato le seguenti piante ospiti: *Aloe* sp., *Echeveria* sp., *Echinocactus* sp., *Mammillaria* sp., *Notocactus* sp., *Zygocactus* sp., *Aloinopsis schooneesii*, *Mammillaria multiceps*, *Trichocereus* sp. (in serra). La specie è presente in America centrale e meridionale, Australia e Bacino del Mediterraneo; vive su numerose piante ornamentali producendo danni notevoli; in Sicilia è stata riscontrata su radici di *Senecio* sp. in pien'aria (MAZZEO *et al.*, 2008). Recentemente è stata riportata per altri Paesi europei: Francia, Grecia, Ungheria, Norvegia, Olanda (KOZÁR & KONCZNÉ BENEDICTY, 2007), Russia (DANZIG & GAVRILOV, 2009).

Rhizoecus dianthi Green

Segnalato in Italia da Marotta nel 1995 su violetta africana (*Saintpaulia* sp.) è polifago di piante ornamentali e rappresenta uno dei fitofagi primari della *Saintpaulia*, nei confronti della quale le infestazioni possono causare avvizzimento e caduta delle foglie. Dannoso nei vivai e nelle serre, si diffonde con il terriccio o attraverso i fori di drenaggio dei vasi. La specie, diffusa in Australia, Nuova Zelanda, Canada, Stati Uniti d'America, è presente in Europa in Repubblica Ceca, Danimarca, Italia, Gran Bretagna, Polonia e, più recentemente, in Francia (GERMAIN *et al.*, 2002), Olanda (KOZÁR & KONCZNÉ BENEDICTY, 2007), Russia (DANZIG *et al.*, 2008).

Ripersiella hibisci (Kawai & Takagi)

Specie descritta in Giappone nel 1971, si è diffusa in Nord America e Europa. In Italia è stata intercettata su bonsai importati dal Giappone nel 1994 (PELLIZZARI & PAVAN, 1994). Sugli oltre 20 ospiti noti, produce i danni più seri alle piante ornamentali in serra. La sua presenza è significativa di condizioni di allevamento non adeguate, poiché si sviluppa bene su quelle piante, come le palme, a lento accrescimento che rimangono parecchio tempo indisturbate. Nel 2001 è stata inserita nella lista di Allerta A2 dell'European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO, 2005).

Rhizococcus latus (Hambleton)

Intercettata per la prima volta in Italia nel napoletano in due serre su radici di *Ficus benjamina* che non mostravano danni apprezzabili, la specie è attualmente presente in Colombia, Ecuador, Isole Galapagos e Italia (MAROTTA, 1995; BEN-DOV *et al.*, 2013).

Fam. *ERIOCOCCIDAE*

Recenti introduzioni riguardano le specie:

Acanthococcus mariannae Pellizzari & Germain

Rinvenuta nel 2004 in Italia (Liguria) e due anni dopo in Francia (Corsica) su *Leptospermum scoparium* (Myrtaceae) (PELLIZZARI & GERMAIN, 2010a), questa specie è stata probabilmente introdotta accidentalmente dall'Australia o dalla Nuova Zelanda in Europa su *Leptospermum*.

Ovaticoccus exoticus Pellizzari & Kozár

Segnalato e descritto nel 2011 in Sicilia (isola di Mozia), su *Agave americana*, sarebbe in realtà presente da diverso tempo e può ritenersi acclimatato (PELLIZZARI & KOZÁR, 2011).

O. agavacearum Pellizzari & Kozár

Riscontrato su *Yucca* in serra a Valenzano (Bari) nel 2008 (PELLIZZARI & KOZÁR, 2011).

Fam. *COCCIDAE*

***Ceroplastes* spp.**

C. ceriferus (Fabricius)

Di origine asiatica, è specie cosmopolita. Segnalato in Italia, per la prima volta in Europa nel 2001 (MORI *et al.*, 2001) è polifago e ritenuto da TREMBLAY (1988) specie di temuta introduzione, nonché inserito nello stesso anno da TRANFAGLIA & VIGGIANI (1988) in un elenco di specie di temuta introduzione in Italia e nella Comunità europea. È presente nella lista delle specie dannose per le piante ornamentali. La sua diffusione è probabilmente da mettere in relazione all'elevata fecondità e polifagia nonché alla capacità di acclimatazione. È una specie in lenta espansione al Nord Italia, dove convive con la congenere *C. japonicus* Green, che risulta altrettanto se non più aggressiva e temibile per i danni arrecati alle piante colpite e costituisce, anche in altri Paesi dell'Europa, un serio problema per le piante ornamentali in pien'aria (PELLIZZARI & CAMPORESE, 1994).

C. stellifer (Westwood)

Intercettato in Italia e in Gran Bretagna non risulta acclimatato e in Europa la sua presenza è limitata alle intercettazioni.

Protopulvinaria pyriiformis (Cockerell)

Coccide facilmente riconoscibile dalla particolare morfologia della femmina adulta, è di origine neotropica e ampiamente diffuso in numerosi Paesi dell'America centrale e settentrionale, in Africa e in Asia. Nel bacino del Mediterraneo è presente in Portogallo, Spagna, Francia, Israele, Italia e Grecia. Nel nostro Paese la specie è stata segnalata nel 1993 a Roma, successivamente in Sicilia nel 1995 (LONGO, MAROTTA *et al.*, 1995). Nel 2003 è stata segnalata in Liguria (PELLIZZARI, 2003), dove è tuttora ampiamente presente all'aperto su alloro e altre ornamentali; nel 2012 è stata trovata in Sardegna.

P. pyriiformis si è diffusa negli ultimi anni su numerose essenze ornamentali e di interesse agrario (segnalata anche su limone in agrumeti della Sicilia orientale nel 2010) (SUMA & COCUZZA, 2010).

Sulle piante ospiti produce danni cospicui legati alla sottrazione di linfa e all'emissione di abbondante melata che ostacola i processi fisiologici della pianta causandone filloptosi, accartoccciamento fogliare e deperimento generale.

Parasaissetia nigra (Nietner)

La specie vive in serra in Europa centrale e settentrionale, sviluppandosi in pien'aria nel sud. Il coccide, presente da parecchi anni in Italia su piante ornamentali, è stato segnalato in Toscana su *Bambusa* sp., *Ficus* spp., *Hakea* sp., *Hibiscus* sp. e *Psidium* sp. (MAROTTA, 1987) ed è acclimatato in Costa Azzurra da oltre vent'anni (GERMAIN & BERTAUX, 2003). È presente all'aperto in Liguria (PELLIZZARI, 2010a). Normalmente il livello di infestazione non è preoccupante, ma essendo una specie potenzialmente dannosa, dovrebbe essere oggetto di appositi programmi di monitoraggio. In Europa è classificata come: II/A1 (EPPO, 2002).

Fam. *DIASPIDIDAE*

Fiorinia pinicola Maskell

Rinvenuta su *Pittosporum* in Liguria nel 2005 (PELLIZZARI, 2005) la specie è tuttora presente (2012) dimostrando di essere ormai acclimatata, essendo numerose e diffuse le piante infestate dalla cocciniglia. *F. pinicola* è diffusa in Cina, Taiwan, Giappone, USA; in Europa è presente anche in Portogallo (FRANCO *et al.*, 2011).

LE SPECIE PIÙ SIGNIFICATIVE INTRODOTTE
IN EUROPA

In Europa, le cocciniglie aliene rappresentano oltre il 30% della coccidiofauna europea (PELLIZZARI & GERMAIN, 2010b). Esse sono comprese principal-

mente nelle famiglie Diaspididae, Pseudococcidae, Coccidae, nonché nella famiglia Dactylopidae cui afferisce la specie aliena ***Dactylopius coccus*** Costa. Introdotta nel 1800 per la produzione del colorante rosso carminio in Sardegna e Sicilia, non è riuscita ad acclimatarsi; in Europa è presente solo nelle isole Canarie (RUSSO *et al.*, 2001).

Su ornamentali sono segnalate oltre 40 specie, alle quali negli ultimi anni se ne sono aggiunte numerose altre.

I diaspididi rappresentano il gruppo più consistente. Nelle serre europee sono presenti specie che nelle aree più meridionali sono riscontrate in pien'aria, dove talora risultano acclimate, come nel caso di ***Chrysomphalus aonidum*** (Linnaeus). Tale specie, in Sicilia, presente da lungo tempo e riscontrata nel 1994 su *Cycas* in vivaio (LONGO *et al.*, 1994), si è acclimatata, spostandosi su altri ospiti quali gli agrumi, per i quali rappresenta attualmente un serio pericolo in Italia meridionale. In Liguria *C. aonidum* è presente su numerose essenze ornamentali.

Altre specie segnalate in Europa negli ultimi anni rappresentano un potenziale pericolo per la possibile introduzione anche in Italia; tra queste le seguenti assumono particolare rilievo.

Aulacaspis yasumatsui Takagi, di origine asiatica, è diffusa negli Stati Uniti e nelle isole Canarie. In Europa è stata segnalata in Francia, nel 2002 su *Cycas* proveniente dal Vietnam (GERMAIN, 2002) e successivamente in Croazia nel 2008. Gli ospiti preferenziali sono le cycas dei generi: *Cycas* (preferibilmente), *Dioon*, *Encephalartos*, *Microcycas* e *Stangeria*. Attacca tutte le parti della pianta, comprese le radici, ove può nascondersi passando inosservata ai controlli e diffondersi in tal modo in altre aree geografiche. Le piante colpite mostrano aree decolorate con presenza di cera e possono arrivare alla morte.

Chionaspis wistariae Cooley è specie asiatica; è stata ripetutamente intercettata in Europa tra il 1981 e il 1990 in Gran Bretagna su piante bonsai di *Wisteria* spp. importate dal Giappone ed eradicata (Malumphy, 2010, *in litteris*). Probabilmente la specie è stata ripetutamente introdotta in Europa e attualmente risulta presente in Romania (Cluj Napoca) in pien'aria su vecchie piante di *Wisteria* (PELLIZZARI, 2010b).

Comstockiella sabalis (Comstock), riscontrata su palme del genere *Sabal*, nel 2005 in Francia (GERMAIN & MATILE FERRERO, 2006).

Fiorinia phoenicis Balachowsky, trovata su *Phoenix dactylifera* in Spagna, è la prima segnalazione europea di questa specie, nota finora solo per Iran e Saudi Arabia (SELJAK & MATILE-FERRERO, 2012).

Per quanto riguarda gli Pseudococcidi, tra le specie recentemente introdotte, oltre al già citato *Ph. peruvianus* in espansione verso altri Paesi, sono annoverate:

Antonina pretiosa Ferris ritrovata in Portogallo per la prima volta in Europa (PELLIZZARI *et al.*, 2013) su bambù; presente in Asia, USA e Cuba.

Balanococcus kwoni Pellizzari & Danzig, originario della Corea, è stato segnalato in Italia ove è presente in Veneto e Liguria su *Pseudosasa* (PELLIZZARI & DANZIG, 2007); nel 2012 è stato ritrovato in Gran Bretagna, dove sembra acclimatato da tempo, su *Bambusa*, *Fargesia*, *Pharus*, *Phyllostachys*, *Pleioblastus*, *Pseudosasa* e *Sinarundinaria thamnocalamus* (MALUMPHY & BADMIN, 2012). La specie sembrerebbe in espansione verso Francia e Germania.

Ferrisia malvastra (McDaniel) segnalata su *Mirabilis jalapa* in Spagna nel 2011 (BELTRÀ & SOTO, 2011).

Palmicultor lumpurensis (Takahashi), individuato in Francia su materiale di *Bambusa*, proveniente da un vivaio portoghese (Germain, *in litteris*) e in Portogallo su *Phyllostachys* vegetante all'aperto (PELLIZZARI *et al.*, 2013).

Tra i Rhizocidae, le specie ***Rhizoecus maasbachii*** Jansen, ritrovata ripetutamente su bonsai importati in Olanda, nel 2003 (JANSEN, 2003) e *Ripersiella multiporifera* Jansen, riscontrata su radici di *Sansiveria* provenienti dall'Indonesia e di *Hoya kerrii* provenienti dalla Thailandia, rappresentano un potenziale pericolo di introduzione date le caratteristiche morfologiche e biologiche di tali insetti radicolici (JANSEN, 2008).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalla breve (e sicuramente non esaustiva) sintesi si evidenzia un incalzante ritmo di introduzione di specie di cocciniglie aliene. Ciò è da mettere senz'altro in relazione da un lato alle sempre più facili e veloci modalità di trasporto e di invio di materiale in uno scenario di globalizzazione del commercio e degli scambi e libera circolazione di merci e persone, dall'altro a una maggiore sensibilità e conoscenza, quindi maggiore efficacia, anche da parte dei servizi fitosanitari che ricevono le merci.

Il trend sembrerebbe lasciar ipotizzare una crescita ulteriore e rapida del numero di specie aliene. Soprattutto ciò sembra facilmente immaginabile per quelle specie tropicali o subtropicali che, arrivate nel bacino del Mediterraneo, trovano condizioni climatiche che permettono loro di sopravvivere e di insediarsi stabilmente. Il *global warming*, gioca in tal senso un ruolo importante, influen-

zando direttamente la fisiologia degli insetti e indirettamente quella delle piante di cui si nutrono (STANGE & AYRES, 2010).

RIASSUNTO

Le piante ornamentali, utilizzate per le loro caratteristiche morfologiche, assolvono diversi ruoli oltre quello squisitamente estetico, fornendo ombra, riparo e contribuendo a rendere più abitabili i luoghi frequentati dall'uomo. Esse provengono spesso da paesi tropicali e subtropicali e diventano veicoli preferenziali per diverse specie di insetti, quali le cocciniglie, di piccole dimensioni e con caratteristiche morfologiche e biologiche che consentono loro di mimetizzarsi e passare inosservate ai controlli. In Italia l'introduzione di insetti alieni è stata studiata a partire dalla fine della seconda guerra mondiale, allorché gli scambi commerciali e i trasporti si sono intensificati consentendo una sempre più veloce introduzione di insetti. Gli autori analizzano la situazione riguardante, in particolare, l'introduzione di cocciniglie dannose alle piante ornamentali in Italia a partire dal 1945. Le specie aliene segnalate sono state 49, con un ritmo di introduzione che nell'ultimo decennio si è pressoché raddoppiato, a ragione delle sempre più facili e veloci modalità di trasporto, dell'aumentata efficienza dei controlli e dell'intensificarsi della ricerca. Oltre il 50% di tali specie, inoltre, si è acclimatato nelle nuove aree di diffusione, trovando, probabilmente in relazione alle mutate condizioni climatiche legate al *global warming*, condizioni favorevoli al loro insediamento. Gli autori riportano, inoltre, le specie di cocciniglie aliene introdotte o intercettate di recente su piante ornamentali in Europa.

BIBLIOGRAFIA

- BELTRÀ A., SOTO A., 2011 – *New records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Spain*. – *Phytoparasitica*, 39(4): 385-387.
- BELTRÀ A., SOTO A., GERMAIN J.F., MATILE-FERRERO D., MAZZEO G., PELLIZZARI G., RUSSO A., FRANCO J., WILLIAMS D.J., 2010 – *The Bougainvillea mealybug Phenacoccus peruvianus Granara de Willink, 2007, a rapid invader from South America to Europe*. – *Entomologia Hellenica*, 19: 137-143.
- BELTRÀ A., TENA A., SOTO A., 2013 – *Fortuitous biological control of the invasive mealybug Phenacoccus peruvianus in Southern Europe*. – *BioControl*, 01/2013; 58(3): 309-317.
- BEN-DOV Y., 2005 – *The Solanum mealybug, Phenacoccus solani Ferris (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae), extends its distribution range in the Mediterranean Basin*. – *Phytoparasitica*, 33(1): 15-16.
- BEN-DOV Y., MILLER D. R., GIBSON G. A. P., 2013 – *ScaleNet: a database of the scale insects of the world*. – Available from: <http://wlvrv.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm> (accessed Novembre 2013).
- DANZIG E.M., GAVRILOV I.A., 2009 – *Mealybugs of the genus Rhizoecus Künckel d'Herculais, 1878 (Homoptera: Pseudococcidae) of the fauna of Russia and adjacent countries*. – *Zoosystematica Rossica*, 18(2): 224-245.
- DANZIG E.M., GAVRILOV I.A., TRAPEZNIKOVA I.V., 2008 – *A New Pest from a greenhouse of St. Petersburg, Rhizoecus dianthi Green (Homoptera, Pseudococcidae), with karyotype data*. – *Entomologicheskoe Obozrenie*, 87(3): 600-603.
- EPPO, 2002 – *EPPO Standards - Diagnostic protocols for regulated pests* - PM 7/12(1) *Parasaissetia nigra*. – *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 32(2): 293-298.
- EPPO, 2005 – *Data sheets on quarantine pests. Rhizoecus hibisci*. – *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 35, 365-367.
- FRANCO J.C., RUSSO A., MAROTTA S., 2011 – *An annotated checklist of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Portugal, including Madeira and Azores Archipelagos*. – *Zootaxa*, 3004: 1-32.
- GERMAIN J.F., 2002 – *Aulacaspis yasumatsui Takagi: un risque pour les Cycas*. – *PHM Revue Horticole*, 440: 43-44.
- GERMAIN J.F., BERTAUX F., 2003 – *Parasaissetia nigra, hôte méconnu sur la Côte d'Azur*. – *PHM Revue Horticole*, 447: 42-44.
- GERMAIN J.F., MATILE-FERRERO D., 2006 – *Comstockiella sabalis (Comstock), Crisicoccus pini (Kuwana) et Phenacoccus defectus Ferris, cochenilles nouvelles pour la France (Hem., Diaspididae et Pseudococcidae)*. – *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 111(3): 395-401.
- GERMAIN J.F., MATILE-FERRERO D., PICART J.L., DELVARE G., PIRON M., 2002 – *Inventory of scale insects in tropical green houses in France and knowledge of their parasitic Hymenoptera, previous to development of biological control*. 253-260. – In: *Sixième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture*. Tome 1. AGRO, Montpellier. 350 pp.
- GRANARA DE WILLINK M.C., SZUMIK C., 2007 – *Phenacocinae de Centro y Sudamérica (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae: Sistemática y Filogenia)*. – *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66: 29-129.
- JANSEN, M.G.M. 2003 – *A new species of Rhizoecus Künckel d'Herculais (Hemiptera, Coccoidea, Pseudococcidae) on bonsai trees*. – *Tijdschrift voor Entomologie*. Amsterdam, 146: 297-300.
- JANSEN, M.G.M. 2008 – *A new species of the genus Rhipsiella Tinsley (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) from import interceptions in The Netherlands*. – *Proceedings of the XI International Symposium of Scale Insects Studies*, Oeiras, Portugal, 24-27 September, 2007: 39-49.
- JUCKER C., LUPI D., 2011 – *Exotic Insects in Italy: An Overview on Their Environmental Impact*. – *The Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity*, Jordi Lopez Pujol (Ed.), ISBN: 978-953-307-751-2.
- KAYDAN M.B., ERKILIC L., KOZÁR F., 2008 – *First record of Phenacoccus solani Ferris from Turkey (Hem., Coccoidea, Pseudococcidae)*. – *Bulletin de la Societe Entomologique de France*, 113(3): 364.
- KOZÁR F., KONCZNÉ BENEDICTY Z., 2007 – *In: Rhizocinae of the world*. – *Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest*. 617 pp.
- LONGO S., MAROTTA S., PELLIZZARI G., RUSSO A., TRANFAGLIA A., 1995 – *An annotated list of the scale insects (Homoptera: Coccoidea) of Italy*. – *Israel Journal of Entomology*, 29: 113-130.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., 1994 – *Le cocciniglie delle piante ornamentali*. – *Informatore fitopatologico*, 44(5): 15-28.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., 1995 – *Biological observations on some scale insects (Homoptera: Coccoidea) in Sicily*. – *Israel Journal of Entomology*, 29: 219-222.

- MALUMPHY C., BADMIN J.S., 2012 – *Scale Insects and Whiteflies (Hemiptera: Coccoidea and Aleyrodidae) of Watsonian Kent; with a Discussion on the Impact of Naturalised Non-native species*. - British Journal of Entomology and Natural History, 25: 15-49.
- MAROTTA S., 1987 – *An annotated list of Italian mealybugs (Pseudococcidae)*. - Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri, 1986 (Suppl.), 43: 107-116.
- MAROTTA S., 1995 – *Due Rhizoecus Kunckel d'Herculaei, 1878 (Homoptera Coccoidea Pseudococcidae) nuovi per la fauna italiana*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura (Milano) Ser. II, 27: 117-121.
- MATILE-FERRERO D., GERMAIN J.F., 2004 – *Eriococcus munroi (Boratynski), nouveau ravageur du Lavandin en France, et note sur deux Pseudococcines nouvelles pour la France (Hemiptera, Eriococcidae et Pseudococcidae)*. - Bulletin de la Société entomologique de France, 109(2): 191-192.
- MAZZEO G., RUSSO A., SUMA P., 1999 – *Phenacoccus solani Ferris (Homoptera Coccoidea) on ornamental plants in Italy*. - Bollettino Zoologia agraria Bachicoltura, Milano, Ser. II, 31(1): 31-35.
- MAZZEO G., SUMA P., RUSSO A., 2008 – *Scale insects of succulent plants in Southern Italy*. - Proceedings of XI International Symposium on Scale insects Studies, Oeiras, Portugal, 24-27 September 2007: 149-152.
- MORI N., PELLIZZARI G., TOSI L., 2001 – *Già acclimatato in Italia il coccide Ceroplastes ceriferus (Fabricius) (Hemiptera, Coccoidea)*. - Informatore Fitopatologico, 10: 41-43.
- NUCIFORA, S., WATSON, G.W., 2001 – *Armoured scale insects (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) new to Sicily: records and observations*. - Entomologica, 33(1999): 207-211.
- PAPADOPOULOU S., CHRYSOHOIDES C., 2012 – *Phenacoccus madeirensis Green, 1923 (Homoptera: Pseudococcidae) on Ocimum basilicum: a new geographical record for Greece*. - EPPO Bulletin, 42(1): 146-147.
- PELLIZZARI G., 2003 – *Hemiptera Coccoidea nuovi o poco noti per l'Italia*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura (Milano), 35(2): 99-106.
- PELLIZZARI G., 2005 – *Cocciniglie nuove o poco note potenzialmente dannose per l'Italia: Fiorinia pinicola Maskell, Pseudococcus comstocki (Kuwana), Peliococcus turanicus (Kiritshenko)*. - Informatore Fitopatologico, 6: 20-26.
- PELLIZZARI G., 2010a – *New Data on the Italian Scale Insect Fauna (Hemiptera, Coccoidea)*. - Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 45(1): 89-92.
- PELLIZZARI G., 2010b – *First record and establishment of Chionaspis wistariae Cooley (Hemiptera, Diaspididae) in Europe*. - Journal of Entomological and Acarological Research, Ser. II, 42(3): 147-151.
- PELLIZZARI G., CAMPORESE P., 1994 – *The Ceroplastes species (Homoptera Coccoidea) of the Mediterranean basin with emphasis of C. japonicus Green*. - Annales de la Société Entomologique de France (N.S.), 30: 175-192.
- PELLIZZARI G., DALLA MONTÀ L., 1997 – *Gli insetti fitofagi introdotti in Italia dal 1945 al 1995*. - Informatore fitopatologico, 47 (10): 4-12.
- PELLIZZARI G., DANZIG E., 2007 – *The bamboo mealybugs Balanococcus kwoni n.sp. and Palmicultor lumpurensis (Takabashi) (Hemiptera, Pseudococcidae)*. - Zootaxa, 1583: 65-68.
- PELLIZZARI G., GERMAIN J.F., 2010a – *A new species of Acanthococcus (Hemiptera, Coccoidea, Eriococcidae) on Leptospermum scoparium (Myrtaceae) from Italy and France*. - Zootaxa, 2543: 51-63.
- PELLIZZARI G., GERMAIN J.F., 2010b – *Scales (Hemiptera, Superfamily Coccoidea)*. Chapter 9.3. - BioRisk, 4(1): 475-510.
- PELLIZZARI G., KOZÁR F., 2011 – *A new species of Greenisca and two new species of Ovaticoccus from Italy (Hemiptera Coccoidea Eriococcidae), with a key to European genera of Eriococcidae*. - Zootaxa, 3090: 57-68.
- PELLIZZARI G., PAVAN F., 1994 – *Segnalazione di Rhizoecus saintpauliae Williams (Homoptera, Pseudococcidae) su bonsai importati dal Giappone*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura (Milano), 26(2): 275-278.
- PELLIZZARI G., PORCELLI F., 2013 – *First record of Phenacoccus defectus in Italy, with comments on P. solani and P. solenopsis*. - Bulletin of insectology, 66(2): 209-211.
- PELLIZZARI G., SACCO M., 2010 – *Le cocciniglie delle piante ornamentali in Liguria*. - Protezione delle colture, 4: 27-36.
- PELLIZZARI G., DALLA MONTÀ L., VACANTE V., 2005 – *Alien insect and mite pests introduced to Italy in sixty years (1945-2004)*. - Plant Protection and Plant Health in Europe: Introduction and Spread of Invasive Species. BCPC Symposium Proceedings, No. 81: 275-276.
- PELLIZZARI G., PORCELLI F., ÜLGENTURK S., 2013 – *The scale insects (Hemiptera, Coccoidea) of bamboos in the W-Palearctic Region: new records and distributional data*. - Proceedings of XIII ISSIS, Sofia, Bulgaria 2-5 September 2013. Acta Zoologica Bulgarica, 66 (accepted).
- RUSSO A., MAZZEO G., 1992 – *Rhizoecus americanus (Hambleton) e Pseudaulacaspis cockerelli (Cooley) (Homoptera Coccoidea) dannosi alle piante ornamentali in Italia*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, Ser. II, 24(2): 215-221.
- RUSSO A., MAZZEO G., SUMA P., LONGO S., 2001 – *Bionomics of Dactylopius coccus Costa (Hemiptera Coccoidea) in a greenhouse in Sicily*. - Entomologica, 33(1999): 333-338.
- SELJAK G., MATILE-FERRERO D., 2012 – *First record of Fiorinia phoenicis Balachowsky, 1967, in Europe (Hemiptera, Diaspididae)*. - Bulletin de la Société entomologique de France, 117(4): 453-455.
- STANGE E.E., AYRES M.P., 2010 – *Climate Change Impacts: Insects*. - In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net>
- SUMA P., COCUZZA G. E., 2010 – *Grave infestazione su limone da Protopulvinaria pyriformis*. - L'Informatore agrario, (18): 72-74.
- SÜSS L., TREMATERRA P., 1986 – *Hypogeococcus foersterianus (Lizer y Trelles) (Homoptera; Coccoidea) nocivo alle cactacee ornamentali in Liguria*. - Informatore fitopatologico, 38(10): 43-46.
- TRANFAGLIA A., 1981 – *Studi sugli Homoptera Coccoidea. V. Notizie morfo-sistematiche su alcune specie di Cocciniglie con descrizione di tre nuove specie di Pseudococcidi*. - Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri', Portici, 38: 3-28.
- TRANFAGLIA A., VIGGIANI G., 1988 – *Cocciniglie di importanza economica in Italia e loro controllo*. - Regione Campania. Assessorato Agricoltura. Abete Grafica, Benevento, 30 pp.
- TREMBLAY E., 1988 – *Avversità delle colture di recente o temuta introduzione. Parassiti animali: Insetti*. - L'Italia Agricola, 1: 115-128.

