Indice con link

ATTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE ITALIANA DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI

Anno LXVII
2019

TIPOGRAFIA COPPINI - FIRENZE

ATTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE ITALIANA DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXVII
2019

TIPOGRAFIA COPPINI - FIRENZE

ISSN 0065-0757

Direttore Responsabile: *Prof. Francesco Pennacchio*
Presidente Accademia Nazionale Italiana di Entomologia

Coordinatore della Redazione: *Dr. Roberto Nannelli*

La responsabilità dei lavori pubblicati è esclusivamente degli autori
Registrazione al Tribunale di Firenze n. 5422 del 24 maggio 2005

INDICE

Rendiconti

Consiglio di Presidenza ... Pag. 5
Elenco degli Accademici ... » 6
Verbali delle adunanze del 22-23 febbraio 2019 ... » 9
Verbali delle adunanze del 14-15 giugno 2019 ... » 17
Verbali delle adunanze del 15-16 novembre 2019 ... » 26

Commemorazioni

Sebastiano Barbagallo – *In memory of Henry L.G. Stroyan (1921-2018)* ... » 37
Roberto A. Pantaleoni – *Maria Matilde Principi (1915-2017)* ... » 45
Salvatore Ragusa – *Ricordo di Giovanni Mineo (1935-2018)* ... » 53

Letture

Marina Cobolli – *Storia naturale ed evoluzione degli ortotteri cavernicoli del genere* Troglophilus (*Rhaphidophoridae)* ... » 57
Luca Mazzon, Isabel Martinez-Sañudo, Vincenzo Girolami – *Relazioni dei ditteri tefritidi con i batteri simbionti del tratto intestinale* ... » 63
Massimo Cristofaro, Enrico de Lillo – *La pianta infestante* Ailanthus altissima *e studio della fattibilità di un programma di controllo biologico* ... » 73

CELEBRAZIONI DEI 150 ANNI DALLA FONDAZIONE
DELLA SOCIETÀ ENTOMOLOGICA ITALIANA (1869-2019)

Roberto Poggi – *Società Entomologica Italiana, 1869-2019. Breve storia di 150 anni* ... » 83
Andrea Battisti, Alberto Alma, Emilio Guerrieri, Pio Federico Roversi – *Potenzialità e limiti della lotta biologica contro gli insetti dannosi alle piante in Italia. Sintesi della Tavola Rotonda tenutasi a Firenze il 22 febbraio 2019 e degli sviluppi successivi* ... » 89

Tavola Rotonda su:

CIMICE ASIATICA *HALYOMORPHA HALYS*: NUOVE ACQUISIZIONI E APPLICAZIONI NELLA DIFESA

Tim Haye – *Global pest status of* Halyomorpha halys *and impact of its associated parasitoids* ... » 95
Lara Maistrello – *Biologia e diffusione di* Halyomorpha halys*, l'autostoppista invasivo che sconvolge la difesa integrata* ... » 101
Lara Bosco, Martina Nardelli, Luciana Tavella – Halyomorpha halys, *dallo svernamento alla colonizzazione delle colture* ... » 107
Davide Scaccini, Logan Moore, Paola Tirello, Diego Fornasiero, Massimo Cecchetto, Carlo Duso, Alberto Pozzebon – *Andamento delle popolazioni e dannosità di* Halyomorpha halys *sulle colture agrarie* ... » 113
Gianfranco Anfora, Claudio Ioriatti, Valerio Mazzoni – *Strumenti per monitoraggio e controllo di* Halyomorpha halys *basati su semiochimici e vibrazioni, ed esperienze di "Citizen Science"* ... » 119
Eric Conti, Valeria Bertoldi, Jacques Brodeur, Gabriele Rondoni – *Risposte difensive delle piante a* Halyomorpha halys ... » 125
Pio Federico Roversi, Giuseppino Sabbatini Peverieri, Leonardo Marianelli – *Ooparassitoidi asiatici di* Halyomorpha halys*: possibilità di biocontrollo e valutazione dell'impatto ambientale* ... » 131
Elena Gonella, Bianca Orrù, Alberto Alma – 'Candidatus *Pantoea carbekii', simbionte intestinale della cimice asiatica: un bersaglio indiretto per una nuova strategia di lotta* ... » 135

Tavola Rotonda su:

AVVERSITÀ E INTERESSE APISTICO DELL'EUCALIPTO IN AMBIENTE MEDITERRANEO

Ignazio Floris – *Insect pests of* Eucaliptus *spp. and their impact in the mediterranean environment. Introduction to the Roundtable "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo*" ... » 141
Mizuki Uemura, Andrea Battisti – *Overview and preliminary risk assessment of the processionary caterpillar* Ochrogaster lunifer *(Lepidoptera: Notodontidae), a* Eucalyptus *pest from Australia* ... » 143
Vincenzo Palmeri, Orlando Campolo, Francesca Laudani – *Eulofidi galligeni* ... » 151
Gaetano Siscaro, Gaetana Mazzeo, Santi Longo – *Insetti xilofagi dell'eucalipto e loro antagonisti naturali* ... » 159
Stefania Laudonia, Antonio Pietro Garonna – *Fitomizi alloctoni di* Eucalyptus *spp. in Italia* ... » 165
Ignazio Floris, Michelina Pusceddu, Alberto Satta – *Entomofauna pronuba e importanza mellifera dell'eucalipto* ... » 171

Benedetto T. Linaldeddu – *Malattie emergenti dell'eucalipto in Italia* ..... Pag. 177
Giuseppe Brundu, Arturo Cocco, Giovanni Piras, Ignazio Floris – *Un progetto per un* Eucalyptus sentinel garden *nella Rete Internazionale IPSN* (International Plant Sentinel Network)..... » 181

Tavola Rotonda su:

NUOVE TECNOLOGIE PER LA DIFESA DELLE DERRATE ALIMENTARI
Pasquale Trematerra – *Strumenti decisionali e Integrated Pest Management nelle filiere alimentari* ..... » 189
Emanuele Mazzoni – *La resistenza ai biocidi negli insetti di interesse merceologico/urbano* ..... » 195
Stefano Bedini, Priscilla Farina, Barbara Conti – *Bioattività degli oli essenziali: luci e ombre del loro utilizzo nella gestione degli insetti dannosi* ..... » 201
Orlando Campolo, Giulia Giunti, Francesca Laudani, Vincenzo Palmeri – *Formulazioni a base di oli essenziali: proprietà chimico-fisiche e attività insetticida* ..... » 207
Sara Savoldelli, Luciano Süss – *Impiego dei feromoni per la gestione degli infestanti nelle industrie alimentari* ..... » 213
Giacinto Salvatore Germinara, Marco Pistillo, Antonio De Cristofaro, Giuseppe Rotundo – *Effetto del trattamento con polveri inerti sulle interazioni semiochimiche insetto - pianta ospite* ..... » 219
Agatino Russo, Pompeo Suma – *Il controllo biologico nelle industrie alimentari* ..... » 225
Sauro Simoni, Enrico de Lillo – *Acari delle derrate: invasività e problematiche allergeniche e di controllo* » 231

ANNO ACCADEMICO
2019

CONSIGLIO DI PRESIDENZA

PRESIDENTE

DALLAI Prof. Dott. Romano
(fino al 16 novembre 2019)

PENNACCHIO Prof. Dott. Francesco
(dal 16 novembre 2019)

VICE-PRESIDENTE

GIORDANA Prof. Dott.sa Barbara
(fino al 16 novembre 2019)

FAUSTO Prof. Dott.sa Anna Maria
(dal 16 novembre 2019)

SEGRETARIO

CRAVEDI Prof. Dott. Piero
(fino al 16 novembre 2019)

CERVO Prof. Dott.sa Rita
(dal 16 novembre 2019)

TESORIERE

NANNELLI Dott. Roberto
(confermato)

ELENCO DEGLI ACCADEMICI

ACCADEMICI EMERITI

Arzone Prof. Dott. Alessandra	– Torino	1984
Barbagallo Prof. Dott. Sebastiano	– Catania	1982
Bonvicini Pagliai Prof. Dott. Anna	– Modena	1983 - 2001
Briolini Prof. Dott. Giovanni	– Bologna	1977 - 1982
Bullini Prof. Dott. Luciano	– Roma	1986
Cobolli Prof. Dott. Marina	– Roma	2001 - 2018
Covassi Dott. Marco Vittorio	– Firenze	1983 - 1997
Cravedi Prof. Dott. Piero	– Piacenza	1999 - 2005
Dallai Prof. Dott. Romano	– Siena	1979 - 1982
Delrio Prof. Dott. Gavino	– Sassari	1989 - 2000
Frilli Prof. Dott. Franco	– Udine	1978 - 1982
Gasperi Prof. Dott. Giuliano	– Pavia	2005 - 2013
Giordana Prof. Dott. Barbara	– Milano	1997 - 2003
Girolami Prof. Dott. Vincenzo	– Padova	1993 - 2004
Maroli Prof. Dott. Michele	– Roma	2003 - 2010
Masutti Prof. Dott. Luigi	– Padova	1972 - 1977
Mellini Prof. Dott. Egidio	– Bologna	1962 - 1972
Monaco Prof. Dott. Raffaele ([1])	– Bari	1985
Nuzzaci Prof. Dott. Giorgio	– Bari	1988 - 1994
Olmi Prof. Dott. Massimo	– Viterbo	2002 - 2013
Osella Prof. Dott. Giuseppe Bartolomeo	– L'Aquila	1983 - 1997
Ragusa di Chiara Prof. Dott. Salvatore	– Palermo	1993 - 2000
Rivosecchi Prof. Dott. Leo	– Roma	1987 - 2003
Rotundo Prof. Dott. Giuseppe	– Campobasso	1999 - 2010
Santini Prof. Dott. Luciano	– Pisa	1993 - 2000
Sbordoni Prof. Dott. Valerio	– Roma	1986
Solinas Prof. Dott. Mario	– Perugia	1978
Süss Prof. Dott. Luciano	– Milano	1987 - 1993
Vigna Taglianti Prof. Dott. Augusto ([2])	– Roma	1986 - 1994

ACCADEMICI ORDINARI

Alma Prof. Dott. Alberto	– Torino	2007 - 2013
Audisio Prof. Paolo Aldo	– Napoli	2004 - 2015
Battisti Prof. Andrea	– Padova	2010 - 2014
Binazzi Dott. Andrea	– Firenze	1998 - 2012
Biondi Prof. Dott. Maurizio	– L'Aquila	2012 - 2019
Bologna Prof. Dott. Marco	– Roma	2001 - 2008
Brandmayr Prof. Dott. Pietro	– Rende (CS)	2005 - 2014
Casale Prof. Dott. Achille	– Sassari	1996 - 2002
Cervo Prof. Dott. Rita	– Firenze	1912 - 2018
Colazza Prof. Dott. Stefano	– Palermo	2013 - 2019
de Lillo Prof. Dott. Enrico	– Bari	2011 - 2018
Fausto Prof. Dott. Anna Maria	– Viterbo	2011 - 2016
Floris Prof. Dott. Ignazio	– Sassari	2011 - 2017
Frati Prof. Dott. Francesco	– Siena	2011 - 2016
Gargiulo Prof. Dott. Giuseppe	– Bologna	2013 - 2019
Longo Prof. Dott. Santi	– Catania	1993 - 2000
Luciano Prof. Dott. Pietro	– Sassari	2009 - 2014
Maini Prof. Dott. Stefano	– Bologna	2005 - 2014
Malva Dott. Carla	– Napoli	2001 - 2011
Massa Prof. Dott. Bruno	– Palermo	2011 - 2017
Mazzini Prof. Dott. Massimo	– Viterbo	2000
Minelli Prof. Dott. Alessandro	– Padova	1986 - 1993
Nannelli Dott. Roberto	– Firenze	1998 - 2005

([1]) † 17 agosto 2019.
([2]) † 7 giugno 2019.

Nazzi Prof. Dott. Francesco	– Udine	2012 - 2019
Pellizzari Prof. Dott. Giuseppina	– Padova	2011 - 2018
Pennacchio Prof. Dott. Francesco	– Napoli	2001 - 2007
Poggi Dott. Roberto	– Genova	1989 - 1999
Rapisarda Prof. Dott. Carmelo	– Catania	2005 - 2012
Roversi Prof. Dott. Pio Federico	– Firenze	2008
Russo Prof. Dott. Agatino	– Catania	2011 - 2017
Tranfaglia Prof. Dott. Antonio	– Potenza	1993 - 1999
Triggiani Prof. Dott. Oreste	– Bari	2001 - 2012
Turillazzi Prof. Dott. Stefano	– Firenze	1989 - 2000
Zapparoli Prof. Dott. Marzio	– Viterbo	2012 - 2019

ACCADEMICI ONORARI

Altieri Prof. Miguel Angel	– Berkeley (California, USA)	2004
Beutel Prof. Dott. Rolf G.	– Jena (Germania)	2018
Gatehouse Prof. Angharad M.R.	– Newcastle (U.K.)	2015
Harris Dott. Keit Murray	– Ripley, Woking (U.K.)	2002
Hodek Prof. Dott. Ivo	– Ceské Budejovice (Repubblica Ceca)	1986
Lenteren Prof. Dott. Johan Coert van	– Wageningen (Olanda)	2006
Tautz Prof. Dott. Jürgen	– Würzburg (Germania)	2006
Wilson Prof. Edward O.	– Birmingham (Alabama, USA)	2011

ACCADEMICI STRAORDINARI

Ballerio Dott. Alberto	– Brescia	2015
Balletto Prof. Dott. Emilio	– Torino	2016
Bandi Prof. Dott. Claudio	– Milano	2015
Bosco Prof. Dott. Domenico	– Torino	2015
Burgio Prof. Dott. Giovanni	– Bologna	2018
Conti Prof. Dott. Barbara	– Pisa	2019
Conti Prof. Dott. Eric	– Perugia	2018
Cristofaro Dott. Massimo	– Roma	2014
Dapporto Prof. Dott. Leonardo	– Firenze	2018
Digilio Prof. Dott. Maria Cristina	– Napoli	2015
Di Giulio Prof. Dott. Andrea	– Roma	2019
Dindo Prof. Dott. Maria Luisa	– Bologna	2019
Di Palma Prof. Dott. Antonella	– Foggia	2014
Duso Prof. Dott. Carlo	– Padova	2016
Fanciulli Prof. Dott. Pietro Paolo	– Siena	2019
Garonna Prof. Dott. Antonio Pietro	– Napoli	2016
Germinara Prof. Giacinto Salvatore	– Foggia	2014
Guerrieri Prof. Dott. Emilio	– Napoli	2019
Isidoro Prof. Dott. Nunzio	– Ancona	2013
Lucchi Prof. Dott. Andrea	– Pisa	2015
Mason Dott. Franco	– Verona	2019
Mazzoni Prof. Dott. Emanuele	– Piacenza	2018
Pantaleoni Prof. Dott. Roberto	– Sassari	2016
Romani Prof. Dott. Roberto	– Perugia	2018
Simoni Dott. Sauro	– Firenze	2018
Siscaro Prof. Dott. Gaetano	– Catania	2018
Tavella Prof. Dott. Luciana	– Torino	2018
Tsolakis Prof. Dott. Haralabos	– Palermo	2018
Vanin Prof. Dott. Stefano	– Huddersfield (UK)	2018
Zappalà Prof. Dott. Lucia	– Catania	2019

N.B. - Per gli Accademici Emeriti ed Ordinari le date sono rispettivamente quelle della nomina ad Accademico Straordinario e ad Accademico Ordinario.

8 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 9-36

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 22-23 FEBBRAIO 2019

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Su richiesta del Presidente, verbalizza la Vice Presidente Prof.ssa Barbara Giordana

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 22 febbraio 2019, alle ore 10,30 presso la Sala Convegni della Banca "Monte dei Paschi di Siena", via de' Pecori 6/8 a Firenze, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori della Seduta Pubblica.

Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: R. Dallai, B. Giordana, V. Girolami, G. Nuzzaci, M. Olmi, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, M. Bologna, A. Casale, R. Cervo, M. Cobolli, E. de Lillo, I. Floris, P. Luciano, S. Maini, B. Massa, R. Nannelli, F. Pennacchio, R. Poggi, P. F. Roversi, S. Turillazzi;
Straordinari: E. Balletto, M. Biondi, S. Colazza, E. Conti, L. Dapporto, A. Di Palma, G. Gargiulo, G.S. Germinara, N. Isidoro, E. Mazzoni, F. Nazzi, R. Romani, S. Simoni, L. Tavella, M. Zapparoli.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, S. Barbagallo, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, M.V. Covassi, P. Cravedi, G. Delrio, F. Frilli, G. Gasperi, M. Maroli, L. Masutti, E. Mellini, R. Monaco, G. Osella, S. Ragusa di Chiara, L. Rivosecchi, G. Rotundo, L. Santini, A. Vigna Taglianti; *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Binazzi, P. Brandmayr, A.M. Fausto, F. Frati, S. Longo, C. Malva, A. Minelli, G. Pellizzari, C. Rapisarda, A. Russo, O. Triggiani; *Straordinari*: A. Ballerio, M. Cristofaro, C. Digilio, C. Duso, A.P. Garonna, A. Lucchi, R. Pantaleoni, G. Siscaro, H. Tsolakis, S. Vanin.

Alla Seduta Pubblica sono presenti anche numerosi ricercatori e studiosi ospiti dell'Accademia e della Società Entomologica Italiana.

Riunione congiunta dell'Accademia Italiana di Entomologia e della Società Entomologica Italiana

Ore 10.30. Il Presidente dell'Accademia Romano Dallai apre la Seduta Pubblica, ricordando che l'importante evento della mattinata è dedicato alla celebrazione dei 150 anni dalla fondazione della Società Entomologica Italiana. Dopo una breve introduzione, invita il Presidente della Società, Accademico Francesco Pennacchio (Università di Napoli "Federico II") a presiedere all'evento e a coordinare i lavori.

Celebrazione dei 150 anni dalla fondazione della Società Entomologica Italiana (1869-2019)

Il Presidente della Società Entomologica Italiana, Accademico Francesco Pennacchio, ricorda le finalità delle attività della Società Entomologica Italiana e sottolinea l'importanza della celebrazione odierna.

Segue l'intervento dell'Accademico Roberto Poggi (Museo di Storia Naturale di Genova), Vice Presidente della Società Entomologica Italiana, su "Fondazione e Storia della Società Entomologica Italiana".

L'intervento, ampio, articolato e storicamente documentato, suscita molto interesse e. viene molto apprezzato dall'uditorio.

Successivamente ha inizio la Tavola Rotonda:

"Potenzialità e limiti della lotta biologica contro insetti dannosi alle piante in Italia".

L'Accademico Andrea Battisti (Università di Padova), coordinatore della Tavola Rotonda, introduce l'argomento sottolineando l'importanza della lotta biologica classica per il controllo delle specie invasive provenienti da altri Paesi, la notevole complessità della scelta degli opportuni interventi e quindi la necessità di volta in volta di approfondimenti scientifici specifici, e infine gli aspetti critici che richiedono tempestivi provvedimenti normativi.

I diversi aspetti vengono ripresi ed estesamente sviluppati dagli interventi programmati dei seguenti relatori:

– Pio Federico Roversi, Accademico, Ministero delle Politiche Agrarie, Alimentari, Forestali e del Turismo, CREA, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione.
– Emilio Guerrieri, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Protezione Sostenibile delle Piante, Portici.
– Alberto Alma, Accademico, Università di Torino.

Gli interventi sottolineano che le piante coltivate in Italia stanno subendo da alcuni decenni danni gravi causati da specie di insetti e altri artropodi importate da altri continenti con gli scambi commerciali, danni aggravati dal cambiamento climatico che spesso favorisce l'insediamento e/o la sopravvivenza delle specie provenienti dalle più diverse regioni geografiche. Al materiale vegetale, inoltre, sono associati microrganismi spesso presenti in modo asintomatico nei tessuti, che possono instaurare rapporti nuovi sia con le piante coltivate in Italia sia con i vettori indigeni di microrganismi.

La lotta biologica classica si basa sull'introduzione di antagonisti individuati nelle zone di origine dei fitofagi e rappresenta il modo più logico ed economico di contrasto delle specie invasive. La grande diversità degli antagonisti e il diverso livello di specializzazione rendono tuttavia problematica la scelta della specie più adatta da introdurre, anche perché le diverse condizioni climatiche nelle zone di origine e di introduzione rappresentano spesso il principale ostacolo all'affermazione degli antagonisti. Perciò è indispensabile una profonda analisi critica per ogni singolo caso.

Le giuste preoccupazioni per i rischi ecologici associati all'introduzione delle specie invasive hanno indotto l'Unione Europea e i vari Paesi ad adottare misure legislative di divieto dell'introduzione di specie esotiche. Alcuni di tali provvedimenti però generalizzano il divieto, impedendo quindi anche le introduzioni volontarie di organismi da utilizzare per la lotta biologica classica verso qualunque tipo di organismo bersaglio, come ad esempio insetti fitofagi, microrganismi fitopatogeni, piante infestanti.

Viene inoltre ricordato che la comunità scientifica nazionale ha sviluppato profonde conoscenze nel campo della lotta biologica classica, competenze uniformemente distribuite nell'intero paese e che riguardano tutti i tipi di ecosistemi. La forte sensibilità per questo tema è evidenziata dal forte sostegno a tutte le iniziative indirizzate a un uso corretto della lotta biologica classica per il contenimento dei fitofagi.

Segue una animata discussione sulle rilevanti problematiche sollevate dai relatori, a seguito dei molti interventi del numeroso pubblico presente.

Ore 13:00 Conclusione della Tavola Rotonda e sospensione dei lavori.

Ore 14:00 Ripresa dei lavori.

SEDUTA PUBBLICA

Tavola Rotonda su:

"Cimice asiatica Halyomorpha halys: *nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa"*.

Ore 14:15 Presentazione del Presidente dell'Accademia Romano DALLAI
Ore 14:20 Introduzione dei Coordinatori della Tavola Rotonda, Accademici Luciana TAVELLA e Alberto ALMA (Università di Torino).

Intervengono:

– Tim HAYE (CABI, Delemont, Switzerland) - Global pest status of *Halyomorpha halys* and impact of its associated parasitoids
– Lara MAISTRELLO (Università di Modena e Reggio Emilia) - Biologia e diffusione di *Halyomorpha halys*, l'autostoppista invasivo che sconvolge la difesa integrata
– Lara BOSCO, Luciana TAVELLA (Università di Torino) - *Halyomorpha halys* dallo svernamento alla colonizzazione delle colture
– Davide SCACCINI, Logan MOORE, Paola TIRELLO, Diego FORNASIERO, Massimo CECCHETTO, Carlo DUSO, Alberto POZZEBON (Università di Padova) - Andamento delle popolazioni e dannosità di *Halyomorpha halys* sulle colture agrarie
– Gianfranco ANFORA, Claudio IORIATTI, Valerio MAZZONI (Fondazione E. Mach e Università di Trento) – Strumenti per monitoraggio e controllo di *Halyomorpha halys* basati su semiochimici e vibrazioni, ed esperienze di citizen science
– Eric CONTI, Valeria BERTOLDI, Jacques BRODEUR, Gabriele RONDONI (Università di Perugia) - Risposte difensive delle piante ad *Halyomorpha halys*
– Pio Federico ROVERSI, Giuseppino SABBATINI PEVERIERI, Leonardo MARIANELLI (CREA, DC, Firenze) - Ooparassitoidi alloctoni di *Halyomorpha halys*: possibilità di biocontrollo e valutazione dell'impatto ambientale
– Elena GONELLA, Bianca ARRÙ, Alberto ALMA (Università di Torino) – *Pantoea carbekii*, simbionte intestinale di *Halyomorpha halys*: un bersaglio indiretto per una nuova strategia di lotta

Gli argomenti trattati nella Tavola Rotonda riscuotono un grande interesse fra i numerosi studiosi e ricercatori presenti, che intervengono numerosi al termine degli interventi.

La Seduta si conclude alle ore 17:45.

I testi delle relazioni verranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2019 dell'Accademia.

Il Segretario verbalizzante — Barbara GIORDANA

Il Presidente — Romano DALLAI

ASSEMBLEA PLENARIA

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Su indicazione del Presidente, verbalizza la Vice Presidente Prof. Barbara Giordana

Sabato 23 febbraio 2019 alle ore 9:30, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio, Firenze, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria.

Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: M. V. Covassi, R. Dallai, B. Giordana, V. Girolami, L. Masutti, G. Nuzzaci, M. Olmi, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, M. Bologna, R. Cervo, M. Cobolli, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, P. Luciano, B. Massa, R. Nannelli, F. Pennacchio, P. F. Roversi, S. Turillazzi;
Straordinari: A. Ballerio, E. Balletto, M. Biondi, G. Burgio, S. Colazza, E. Conti, L. Dapporto, A. Di Palma, G. Gargiulo, G.S. Germinara, N. Isidoro, E. Mazzoni, F. Nazzi, R. Romani, S. Simoni, L. Tavella, M. Zapparoli.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, S. Barbagallo, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, P. Cravedi, G. Delrio, F. Frilli, G. Gasperi, M. Maroli, E. Mellini, R. Monaco, G. Osella, S. Ragusa di Chiara, L. Rivosecchi, G. Rotundo, L. Santini, A. Vigna Taglianti; *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Binazzi, P. Brandmayr, A. Casale, F. Frati, S. Longo, S. Maini, C. Malva, M. Mazzini, A. Minelli, G. Pellizzari, R. Poggi, C. Rapisarda, A. Russo, O. Triggiani; *Straordinari*: M. Cristofaro, C. Digilio, C. Duso, A.P. Garonna, A. Lucchi, R. Pantaleoni, G. Siscaro, H. Tsolakis, S. Vanin.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:
– Approvazione dei verbali delle sedute precedenti (16 e 17 novembre 2018)
– Comunicazioni del Presidente
– Premio Osella
– Consegna Diplomi ai nuovi Accademici Straordinari
– Fauna d'Italia
– Varie ed eventuali

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti (16 e 17 novembre 2018)

Vengono esaminati i verbali della Seduta Plenaria del 17 novembre 2018 e delle Sedute Pubbliche del 16 e del 17 novembre 2018, già inviati a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici. I verbali vengono approvati all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente Romano Dallai ringrazia gli Accademici Luciana Tavella e Alberto Alma, organizzatori dell'ampia e articolata Tavola Rotonda sulle più recenti acquisizioni e applicazioni nella difesa dalla cimice asiatica *Halyomorpha halys*, insetto dannoso invasivo a livello globale, che si è svolta nel pomeriggio di ieri ed è stata seguita da un ampio uditorio, che ha dato luogo ad una vivace e interessante discussione al termine dei lavori.

Il Presidente comunica poi che il nuovo Statuto, approvato dall'Assemblea Ordinaria nella specifica seduta del 17 novembre 2018 in presenza del notaio, è stato tempestivamente inviato dal notaio alla Prefettura di Firenze per l'approvazione, che si ritiene possa avere luogo entro i prossimi due mesi. Di conseguenza, è attualmente ancora in vigore lo Statuto approvato nel 2009.

Successivamente, il Presidente ricorda la grande partecipazione all' XI European Congress of Entomology (ECE) che ha avuto luogo a Napoli dal 2 al 6 luglio dello scorso anno, successo già brevemente descritto nell'Assemblea Plenaria del 17 novembre 2018. Il Presidente invita

l'Accademico Franco Pennacchio a informare più estesamente l'assemblea. L'Accademico precisa che i partecipanti sono stati 945: è quindi l'ECE che ha avuto più partecipanti in assoluto, provenienti da 65 paesi, di cui molti extraeuropei, assumendo così di fatto le caratteristiche di un evento globale. Il Congresso è stato seguito da moltissimi giovani e si è caratterizzato per l'elevatissima qualificazione scientifica in tutte le numerose e diversificate tematiche che caratterizzano lo studio e le applicazioni delle discipline entomologiche, con 460 presentazioni orali e 560 poster. Il successo del Congresso è stato poi ulteriormente confermato dalle numerose successive attestazioni di apprezzamento pervenute al Comitato scientifico nei mesi successivi.

Il Presidente ricorda poi che, secondo lo Statuto vigente, a novembre dovranno essere confermati gli Accademici Straordinari ammessi da un quinquennio, cioè nel 2014 (Accademici M. Cristofaro, A. Di Palma e G. Germinara). Poiché il nuovo Statuto prevede la conferma degli Accademici Straordinari dopo un triennio, dopo la sua approvazione da parte della Prefettura si dovrà procedere alla conferma degli Accademici ammessi nel 2015 (Accademici A. Ballerio, C. Bandi, D. Bosco, C. Digilio, A. Lucchi) e nel 2016 (Accademici E. Balletto, C. Duso, A.P. Garonna, R. Pantaleoni).

Il Presidente elenca il programma delle attività culturali previste per il 14 e 15 giugno 2019, per il 15 e 16 novembre 2019 e per l'anno 2020, programma già riportato in dettaglio nel Verbale delle Adunanze del 17 novembre 2018. Vengono confermate per il febbraio 2020 la Lettura dell'Accademico Leonardo Dapporto su "Fitogeografia comparativa dei lepidotteri diurni europei" e per Novembre 2020 la Tavola Rotonda sull'Acarologia organizzata dagli Accademici Sauro Simoni, Antonella Di Palma e Enrico de Lillo e la Lettura dell'Accademico Sauro Simoni su una tematica di Acarologia. Dall'8 al 12 giugno 2020 avrà luogo a Torino il XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, già illustrato dall'Accademico Alberto Alma nell'Adunanza Plenaria del 17 novembre 2018 e riportato nel relativo verbale.

Il Presidente ricorda la recente scomparsa degli Accademici Sergio Zangheri, Giovanni Mineo e Carlo Ricci. Il 16 novembre 2019 l'Accademico Mineo sarà commemorato dall'Accademico Salvatore Ragusa Di Chiara e l'Accademico Ricci dall'Accademico Eric Conti. A febbraio 2020 verrà commemorato l'Accademico Zangheri dall'Accademica Giuseppina Pellizzari.

3) Premio Osella 2020

Il Presidente ricorda la necessità di bandire il premio Osella per consentire la partecipazione di un giovane entomologo al XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia che si terrà a Torino nel 2020. Il Bando del Premio, che viene presentato in bozza, verrà perfezionato e successivamente inviato agli Accademici, per la sua approvazione nell'Assemblea Plenaria del prossimo 15 giugno. Il termine per l'iscrizione sarà il 12 ottobre 2019.

4) Consegna Diplomi ai nuovi Accademici Straordinari

Il Presidente consegna i Diplomi ai nuovi Accademici Straordinari Giovanni Burgio, Emanuele Mazzoni, Roberto Romani e Luciana Tavella.

L'Accademico Gaetano Siscaro è assente giustificato.

L'Assemblea si congratula con i nuovi Accademici Straordinari accogliendoli con un caloroso applauso.

5) Fauna d'Italia

Su invito del Presidente, l'Accademico Marco Alberto Bologna, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia (CSFI), riferisce che nel periodo successivo alla seduta del novembre 2018 a Firenze, l'attività del CSFI si è articolata come segue:

1. Volume LII, Hymenoptera Symphita I della Collana Fauna d'Italia, autore Fausto Pesarini: purtroppo, nonostante i ripetuti solleciti, la stampa del volume che doveva avvenire nel dicembre 2018 non è ancora definitiva. Questo volume sarà stampato con parziale contributo del CSFI.

2. Volume LIII, Lepidoptera Coleophoridae, autore Giorgio Baldizzone: purtroppo, nonostante i ripetuti solleciti, la stampa del volume che doveva avvenire nel febbraio 2019 non è ancora definitiva. Questo volume sarà stampato con parziale contributo del CSFI.
3. Sono in avanzata preparazione altri due volumi, ed alcuni sono in fase iniziale di sviluppo:
   – Lepidoptera "Rhopalocera" (autori l'Accademico Emilio Balletto *et al.*): il testo, in lingua inglese, e tutte le figure definitive sono stati consegnati al Presidente del CSFI durante questa seduta dell'Accademia. Tutto il materiale verrà inviato a due revisori esterni al CSFI ed a un revisore interno (l'Accademico Alessandro Minelli). Il volume sarà stampato con parziale contributo del CSFI.
   – Homoptera Psilloidea (autori l'Accademico Carmelo Rapisarda *et al.)*: il testo, in lingua inglese, dovrebbe essere quasi completato, ma la consegna non è ancora avvenuta e non abbiamo aggiornamenti al riguardo. Tutor del volume è l'Accademico Bruno Massa che ne solleciterà la consegna. Il volume sarà stampato con parziale contributo del CSFI.

   Per gli anni successivi sono in fase iniziale di preparazione i seguenti volumi:
   – Diptera Tachinidae (autore Pierfilippo Cerretti *et al.*);
   – Plathelminthes Turbellaria (pars) (autori Marco Curini Galletti *et al.*);
   – Cnidaria Scyphozoa (autori Fernando Boero *et al.*);

   Per altri volumi su Neuropeteroidea (autore l'Accademico Roberto Pantaleoni) e microlepidotteri sono in corso contatti.
4. Prosegue la preparazione della nuova "Checklist della fauna italiana" online, tramite il lavoro di due assegnisti di ricerca (a cura del CNR su fondi LifeWatch), che stanno predisponendo la lista aggiornata dei possibili autori nazionali ed internazionali. Si sta altresì lavorando alla piattaforma informatica della Checklist, correlata al Network nazionale della Biodiversità.
5. È terminato il lavoro in convenzione con ISPRA per il monitoraggio delle specie alloctone invasive in Italia. Il CSFI parteciperà ai primi di marzo 2019 ad un meeting decisionale con altri specialisti di vertebrati e piante per la definizione di liste definitive.
6. Si conferma che il CSFI parteciperà all'organizzazione del prossimo Congresso nazionale di Zoologia, insieme all'UZI, con sede in Roma, dal 23 al 26 settembre 2019. In questo ambito il CSFI è responsabile dell'organizzazione di due simposi sulla fauna italiana, marina e terrestre. Uno dei premi per i giovani ricercatori sarà a cura del CSFI.

6) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 10:15.

Il Segretario verbalizzante — Barbara Giordana

Il Presidente — Romano Dallai

SEDUTA PUBBLICA

Sabato 23 febbraio 2019 alle ore 10:30, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio, Firenze, il Presidente Romano Dallai dichiara aperta la Seduta Pubblica.

Oltre agli Accademici presenti all'Assemblea Plenaria, partecipano altri numerosi studiosi e ricercatori ospiti dell'Accademia.

Il Presidente Romano Dallai invita l'Accademica Marina Cobolli a presentare la Lettura dal titolo:

"Gli Ortotteri ipogei del genere Troglophilus*: ecologia ed evoluzione"*

Segue un'interessante discussione, al termine della quale il Presidente ringrazia la relatrice e coloro che sono intervenuti.

Il testo della lettura sarà pubblicato sugli Atti-Rendiconti 2019.

La Seduta è tolta alle ore 11:30.

Il Segretario verbalizzante — Barbara Giordana
Il Presidente — Romano Dallai

ASSEMBLEA ORDINARIA

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Su indicazione del Presidente, verbalizza la Vice Presidente Prof. Barbara Giordana

Sabato 23 febbraio 2019 alle ore 12:00, a Firenze Cascine del Riccio, via Lanciola 12/A, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria.

Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: M. V. Covassi, R. Dallai, B. Giordana, V. Girolami, L. Masutti, G. Nuzzaci, M. Olmi, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, M. Bologna, R. Cervo, M. Cobolli, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, P. Luciano, B. Massa, R. Nannelli, F. Pennacchio, P. F. Roversi, S. Turillazzi;

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, S. Barbagallo, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, P. Cravedi, G. Delrio, F. Frilli, G. Gasperi, M. Maroli, E. Mellini, R. Monaco, G. Osella, S. Ragusa di Chiara, L. Rivosecchi, G. Rotundo, L. Santini, A. Vigna Taglianti; *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Binazzi, P. Brandmayr, A. Casale, F. Frati, S. Longo, S. Maini, C. Malva, M. Mazzini, A. Minelli, G. Pellizzari, R. Poggi, C. Rapisarda, A. Russo, O. Triggiani;

Viene discusso il seguente ordine del giorno:

– Approvazione del verbale della seduta precedente
– Comunicazioni del Presidente
– Esame e approvazione del Conto Consuntivo anno finanziario 2018
– Varie ed eventuali

1) Approvazione del verbale della seduta precedente (17 novembre 2018)

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria di sabato 17 novembre 2018, già inviato a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici.
Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente comunica che, a norma dello Statuto vigente (Articoli 12 e 13) e dell'art. 7 del Regolamento, la disponibilità di posti nelle diverse categorie di Accademici al 30 aprile 2014 è

la seguente: per Accademico Ordinario posti liberi 6, per Accademico Straordinario posti liberi 7, per Accademico Onorario posti liberi 2. Le proposte dei candidati, ciascuna presentata da almeno tre Accademici Ordinari o Emeriti, devono pervenire al Presidente dell'Accademia entro il 30 aprile 2019.

Il Presidente ricorda che l'Accademia svolge da molto tempo una positiva collaborazione con la Società Entomologica Italiana. Il successo del recente Congresso Europeo di Entomologia tenutosi a Napoli nel Luglio scorso ne è un importante esempio. Egli auspica, dunque, che tale collaborazione possa proseguire ed intensificarsi anche nel prossimo futuro.

Il Presidente ritiene che gli impegni dell'Accademia portati avanti in questi lunghi anni sono stati il frutto di una bella collaborazione fra i membri del Consiglio di Presidenza e la piena disponibilità di tutti i membri dell'Accademia. Della cordialità che si è instaurata nell'ambito della nostra Istituzione egli è sinceramente grato a tutti.

Per quanto riguarda la futura composizione del Consiglio di Presidenza, che dovrà essere rinnovato, secondo lo Statuto, con il prossimo Novembre, premesso che molti colleghi Accademici Ordinari potrebbero svolgere con competenza i diversi ruoli che il Consiglio prevede, il Presidente ritiene che sarebbe auspicabile che si realizzasse, nel futuro Consiglio, una alternanza fra colleghi "Entomologi di base" ed "Entomologi applicati", per usare una terminologia comprensibile anche se riduttiva.

Allo scopo di evitare che le votazioni per il rinnovo delle cariche del Consiglio di Presidenza avvengano senza una preliminare ed amichevole discussione collegiale, il Presidente ritiene opportuno inserire nell'O.d.g. della prossima seduta dell'Assemblea Ordinaria, che si terrà nel mese di Giugno, un punto specifico dedicato a questo scopo.

3) Esame e approvazione del Conto Consuntivo anno finanziario 2018.

Il Presidente invita il Tesoriere Roberto NANNELLI, a presentare il Conto Consuntivo per l'anno finanziario 2018.

Il Tesoriere fa presente che il 12 febbraio scorso si è riunito presso il CREA-DC, Centro di Ricerca per la difesa e la certificazione di Cascine del Riccio, sede anche dell'Accademia, il Collegio dei Revisori dei Conti per l'analisi e l'approvazione del Bilancio preventivo 2019 e il Conto consuntivo 2018.

Il Tesoriere illustra quindi all'Assemblea i principali capitoli del Conto consuntivo, informando che il contributo di circa 13.500 Euro ricevuto nel mese di ottobre 2018 dal MIBACT è stato impegnato per la maggior parte per la pubblicazione del volume degli Atti e rendiconti dell'Accademia e delle monografie relative all'attività culturale svolta con le Tavole Rotonde di febbraio, giugno e novembre 2018, per il rimborso delle spese di viaggio e soggiorni di alcuni relatori stranieri e per le spese notarili relative al verbale del nuovo Statuto votato nell'Assemblea di novembre. Il finanziamento verrà rendicontato al MIBAC entro i primi giorni di aprile. Nel mese di gennaio è stata presentata al MIBAC richiesta di contributo per l'attività culturale 2019.

Completata l'illustrazione e non essendovi richieste di ulteriori dettagli, il Presidente pone in votazione il Conto consuntivo 2018 che viene approvato all'unanimità e che verrà conservato agli atti insieme al Bilancio preventivo 2019.

L'Assemblea non pone rilievi e approva all'unanimità.

4) Varie ed eventuali

Nessuna.

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 12:30.

Il Segretario verbalizzante — Barbara GIORDANA

Il Presidente — Romano DALLAI

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 14-15 GIUGNO 2019

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero Cravedi

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 14 giugno 2019, alle ore 10:45, a Firenze presso la Sala Convegni della Banca "Monte dei Paschi di Siena", via de' Pecori 6/8, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori della Seduta Pubblica.

Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: P. Cravedi, R. Dallai, B. Giordana;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, R. Cervo, S. Colazza, I. Floris, P. Luciano, B. Massa, R. Nannelli, F. Pennacchio, C. Rapisarda, A. Russo, S. Turillazzi;
Straordinari: D. Bosco, G. Burgio, L. Dapporto, A. Di Palma, A.P. Garonna, G.S. Germinara, E. Mazzoni, R. Pantaleoni, S. Simoni, G. Siscaro, H. Tsolakis .

Hanno giustificato la propria assenza, gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, S. Barbagallo, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, M.V. Covassi, G. Delrio, F. Frilli, G. Gasperi, V. Girolami, M. Maroli, L. Masutti, E. Mellini, R. Monaco, G. Nuzzaci, M. Olmi, G. Osella, S. Ragusa di Chiara, L. Rivosecchi, G. Rotundo, L. Santini, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss; *Ordinari*: P.A. Audisio, A, Binazzi, M. Biondi, M. A. Bologna, A. Casale, M. Cobolli, E, de Lillo, A. M. Fausto, F. Frati, G. Gargiulo, S. Longo, S. Maini, C. Malva, M. Mazzini, A. Minelli, F. Nazzi, G. Pellizzari, R. Poggi, G. Rotundo, P.F. Roversi, O. Triggiani; *Straordinari*: A. Ballerio, E. Balletto, C. Duso, A. Lucchi, S. Vanin, M. Zapparoli.

Alla Seduta Pubblica sono presenti anche numerosi ricercatori e studiosi ospiti dell'Accademia.

Il tema della Tavola Rotonda verte su:

"*Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo*"

Il Presidente Romano Dallai apre la Seduta Pubblica e invita l'Accademico Ignazio Floris a coordinare i lavori.

Si susseguono gli interventi:
– Accademico Ignazio Floris: Introduzione
– Andrea Battisti, Mizuki Uemura - Università di Padova: Problematiche legate ai defogliatori nelle aree indigene e di introduzione
– Vincenzo Palmeri, Orlando Campolo - Università di Reggio Calabria: Eulofidi galligeni

Pausa pranzo

– Gaetano Siscaro, Gaetana Mazzeo, Santi Longo - Università di Catania: Insetti xilofagi dell'eucalipto e loro antagonisti naturali
– Stefania Laudonia, Antonio Garonna – Università di Napoli: Fitomizi alloctoni
– Ignazio Floris, Alberto Satta – Università di Sassari: Entomofauna pronuba e importanza mellifera
– Benedetto Linaldeddu – Università di Padova: Principali fitopatie
– Giuseppe Brundu, Ignazio Floris – Università di Sassari: Un progetto per un "Eucalyptus Sentinel Garden" nella rete internazionale (IPSN – International Plant Sentinel Network)

– Alberto Santini, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP) - CNR, Sesto Fiorentino (FI): Sentinel plantings e Sentinel nurseries (un caso specifico sul mirto)

Segue un'interessante discussione coordinata dall'Accademico Ignazio Floris, al termine della quale la Seduta si conclude alle ore 15:45.

I testi delle relazioni saranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2019 dell'Accademia.

Il Segretario — Piero Cravedi
Il Presidente — Romano Dallai

ASSEMBLEA PLENARIA

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero Cravedi

Sabato 15 giugno 2019 alle ore 09:15, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio, Firenze, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Emeriti: S. Barbagallo, P. Cravedi, R. Dallai, B. Giordana, V. Girolami, L. Santini;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, A. Binazzi, M. Biondi, R. Cervo, M. Cobolli, S. Colazza, I. Floris, P. Luciano, S. Maini, B. Massa, R. Nannelli, F. Nazzi, F. Pennacchio, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli;
Straordinari: D. Bosco, G. Burgio, M. Cristofaro, A. Di Palma, G.S. Germinara, A. Lucchi, E. Mazzoni, R. Pantaleoni, S. Simoni, G. Siscaro, H. Tsolakis.

Hanno giustificato la propria assenza, gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, M.V. Covassi, G. Delrio, F. Frilli, G. Gasperi, M. Maroli, L. Masutti, E. Mellini, R. Monaco, G. Nuzzaci, M. Olmi, G. Osella, S. Ragusa di Chiara, L. Rivosecchi, G. Rotundo, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss; *Ordinari*: P.A. Audisio, M. A. Bologna, A. Casale, E. de Lillo, A. M. Fausto, F. Frati, G. Gargiulo, S. Longo, C. Malva, M. Mazzini, A. Minelli, G. Pellizzari, R. Poggi, O. Triggiani; *Straordinari:* A. Ballerio, E. Balletto, C. Duso, N. Isidoro, R. Pantaleoni, S. Vanin.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione dei verbali delle Sedute precedenti (22 e 23 febbraio 2019).
2) Comunicazioni del Presidente.
3) Premio "Osella" 2020
4) Fauna d'Italia
5) Pubblicazioni dell'Accademia
6) Richiesta finanziamenti attività culturale dell'Accademia
7) Varie ed eventuali

Prima di dar inizio alla discussione dell'Ordine del Giorno, il Presidente Romano Dallai comunica all'Assemblea la triste notizia della scomparsa dell'Accademico Emerito Augusto Vigna Taglianti. Il Presidente ricorda brevemente gli importanti meriti nel campo della ricerca e della didattica oltre ai prestigiosi incarichi che il Prof. Augusto Vigna Taglianti ha ricoperto presso varie Istituzioni scientifiche e invita i presenti ad osservare un minuto di raccoglimento.

L'incarico della commemorazione viene affidato ai colleghi Accademici della sede di Roma.

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti (22 e 23 febbraio 2019)

Vengono esaminati i verbali della Seduta Plenaria del 23 febbraio 2019 e delle Sedute Pubbliche del 22 e del 23 febbraio 2019, già inviati a suo tempo per posta elettronica al domicilio degli Accademici. I verbali vengono approvati all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente Romano DALLAI ringrazia l'Accademico Ignazio FLORIS per l'interessante Tavola Rotonda su avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo che si è svolta ieri.

Il Presidente comunica poi che la nostra Accademia, che dallo scorso anno è entrata a far parte dell'UNASA (Unione Nazionale per le Scienze Applicate allo Sviluppo dell'Agricoltura) è stata invitata all'inaugurazione dell'Anno Accademico 2019 e alla successiva Assemblea Generale. Su incarico del Presidente, all'evento organizzato a Rovigo presso la Sala degli Arazzi dell'Accademia dei Concordi, ha partecipato l'Accademico Straordinario Giovanni BURGIO che viene invitato a riferire.

L'Accademico BURGIO riferisce che l'inaugurazione dell'Anno Accademico 2019 è iniziata con il saluto delle Autorità e la relazione del Presidente.

Il prof. Michele STANCA, Presidente dell'UNASA, ha elencato e commentato le attività culturali del 2018 che hanno riguardato tematiche quali l'automazione in zootecnia, la genomica, i cambiamenti climatici e la sostenibilità in agricoltura. Dopo aver riaffermato l'importanza della ricerca scientifica in agricoltura ha espresso contrarietà ai finanziamenti recentemente concessi all'agricoltura biodinamica.

La *Lectio Magistralis* del prof. Dario CASATI è stata preceduta da un breve ricordo di Nazzareno STRAMPELLI, uno dei principali artefici del rinnovamento della granicoltura italiana nella prima metà del Novecento.

Nel pomeriggio si è tenuta l'Assemblea Generale dell'UNASA in cui è stata sottolineata l'importanza di aumentare l'interazione fra le Accademie aderenti. La prossima inaugurazione sarà a Spoleto presso l'Accademia dell'Ulivo e dell'Olio. Tra i programmi futuri figura l'organizzazione di un incontro sul tema "Scienza e Società"

Chiesta e ottenuta la parola l'Accademico Ordinario Stefano TURILLAZZI segnala che l'Accademia dei Lincei ha avviato una indagine sui musei presenti presso le Accademie italiane e chiede di inviargli segnalazioni e informazioni in modo da non trascurare strutture importanti, ma poco note.

Il Presidente comunica che, sentito il Consiglio di Presidenza, è stato lieto di concedere il patrocinio dell'Accademia al XVII Congresso AISAP (Associazione Italiana per lo Studio degli Insetti Sociali e Presociali) del 4 e 5 luglio 2019, al 41° Congresso della Società italiana di Biogeografia che si terrà a Roma il 22 e 23 novembre 2019 e al Congresso di Zoologia che si terrà a Roma dal 23 al 26 settembre 2019.

L'uso del Logo dell'Accademia è stato concesso all'Accademico Bruno MASSA per un suo volume sugli Ortotteri.

Il Presidente invita l'Accademico Alberto ALMA a illustrare i progressi nell'organizzazione del prossimo Congresso di Entomologia a Torino. L'Accademico ALMA informa che è stato recentemente completato il primo annuncio del XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia che si terrà a Torino dall'8 al 12 giugno 2020. L'inaugurazione avverrà presso l'Aula Magna "Cavallerizza Reale dell'Università di Torino". Le giornate congressuali si terranno presso il centro congressi "Torino incontra". Sono previste 13 Sessioni. Nella giornata di martedì 9 giugno è prevista l'Assemblea della nostra Accademia. L'escursione entomologica sarà effettuata al Parco del Musinè venerdì 11 giugno.

Chiesta e ottenuta la parola l'Accademico Pio Federico ROVERSI riferisce in merito alla problematica del divieto assoluto di effettuare in Italia interventi di "Lotta Biologica Classica" per contenere specie aliene nocive ai sistemi agroforestali e ambientali mediante l'introduzione di

antagonisti naturali dai territori di origine delle specie dannose accidentalmente introdotte sul territorio nazionale. Il quadro normativo attuale e le prospettive di variazioni vengono illustrate e commentate come segue:

– la Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992, relativa alla Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, consente agli Stati membri di introdurre in modo "regolamentato" nemici naturali di specie dannose aliene;
– Il DPR 12 marzo 2003 n. 120. (G.U. n. 124 del 30.05.2003), di modifica del DPR 8 settembre 1997 n.357, all'art.12 punto 3 vieta genericamente l'introduzione di organismi non autoctoni (*Sono vietate la reintroduzione, l'introduzione e il ripopolamento in natura di specie e popolazioni non autoctone*), senza prevedere nessun percorso in deroga per interventi di Controllo Biologico di Specie Aliene;
– La mancanza di una specifica Legislazione Nazionale che consenta, regolandola, l'attuazione di interventi di Lotta Biologica Classica, non solo ha avuto come risultato per il nostro Paese di imporre norme più restrittive di quelle stabilite dalla normativa UE, ma soprattutto ha posto l'Italia a rischio di gravi danni ambientali conseguenti all'intensificarsi di introduzioni accidentali di Insetti e altri organismi dannosi;
– Date le pesanti ripercussioni del divieto di introdurre antagonisti naturali, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha predisposto uno schema di Decreto per modificare l'art.12 del DPR n.357 del 9 settembre 1997, che prevede un "analisi di impatto ambientale";
– Il 21 novembre 2018 il Direttore del CREA-DC Pio Federico ROVERSI è stato chiamato per un'Audizione alla Commissione Agricoltura del Senato durante la quale è stata presentata la necessità di modificare la normativa nazionale che impedisce interventi di Lotta Biologica Classica;
– Il 4 aprile 2019 in Consiglio dei Ministri è andato all'ordine del giorno ed è stata approvata la decisione di modifica dell'art.12 del DPR 357;
– Successivamente il Senato nella Seduta Plenaria del 12 giugno 2019 ha approvato la risoluzione che impegna il Governo a dare la massima priorità alle misure legislative per consentire corretti interventi di controllo biologico per contrastare le invasioni biologiche di specie aliene;
– Attualmente è stato avviato l'iter per la predisposizione del Regolamento che stabilisca procedure e organismi deputati alle valutazioni degli studi di Impatto Ambientale da produrre per supportare le richieste di interventi di Lotta Biologica Classica nel nostro Paese.

Il Presidente riprende poi la parola e informa che il testo con le modifiche dello Statuto dell'Accademia, approvato nell'Assemblea Ordinaria del novembre scorso, è stato sollecitamente inviato alla Prefettura di Firenze, ma fino ad ora non si sono avute notizie circa lo stato del suo iter registrativo.

3) Premio Osella 2020

Il Presidente presenta il Bando del Premio Osella 2020 sottolineando le variazioni rispetto a quello della precedente edizione che il Consiglio di Presidenza propone. Oltre all'elenco completo delle pubblicazioni i candidati ne dovranno presentare solo 5 per la valutazione da parte dell'apposita Commissione. Per evitare le difficoltà di gestire la documentazione cartacea verrà costituita una apposita casella di posta elettronica in grado di supportare messaggi in entrata di grandi dimensioni.

Segue una breve discussione sui settori di ricerca in cui i candidati devono dimostrare di aver operato. Dagli interventi emerge che il Bando riprende le tematiche indicate al momento della costituzione del Premio e, per come è formulato, risulta sufficientemente ampio e non limitativo, in base anche alle esperienze delle edizioni precedenti.

Il Bando verrà predisposto nella forma definitiva e al più presto divulgato mediante l'inserimento sul sito dell'Accademia e l'invio, tramite posta elettronica, a tutti gli Accademici.

4) Fauna d'Italia.

Il Presidente invita i rappresentanti del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia a riferire sulle attività svolte e su quelle in programma.

Su incarico del Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, Accademico prof. Marco A. Bologna, impossibilitato ad essere presente all'adunanza odierna, prende la parola il Segretario Tesoriere del Comitato stesso, Accademico prof. Marzio Zapparoli.

Nell'aprile scorso sono stati pubblicati i seguenti due volumi della Collana Fauna d'Italia: il vol. LII, Hymenoptera Symphyta, autore Fausto Pesarini, e il vol. LIII, Lepidoptera Coleophoridae, autore Giorgio Baldizzone. I due volumi vengono mostrati e brevemente illustrati agli Accademici.

È in composizione il volume sui Lepidoptera Rhopalocera, di Emilio Balletto, la cui pubblicazione si auspica avvenga per fine 2019 – inizio 2020.

Sono in programmazione i seguenti tre volumi Diptera Tachinidae (autore Pierfilippo Cerretti), Neuroptera (autore Roberto Pantaleoni), Psylloidea (autori Carmelo Rapisarda, Cesare Conci), la cui pubblicazione può essere orientativamente prevista nel 2021.

Il CSFI è attualmente impegnato nell'organizzazione del prossimo Congresso dell'Unione Zoologica Italiana che si terrà a Roma presso il Dipartimento di Scienze dell'Università Roma Tre, il 23-26 settembre 2019. Nell'ambito di questo Congresso è previsto un simposio dedicato alla Fauna italiana che sarà coordinato dai membri del CSFI e sarà diviso in due sezioni, una dedicata alla fauna marina ed una dedicata alla fauna terrestre e d'acqua dolce.

Un gruppo operativo del CSFI (Bologna, Minelli, Bonato, Zapparoli) prosegue il coordinamento del Progetto Nuova check-list della Fauna italiana. Attualmente è in fase di elaborazione la lista degli specialisti da parte dei borsisti Fabio Cianferoni e Fabio Stoch.

Alcuni membri del CSFI (Bologna, Bonato, Casale, Massa, Minelli, Oliverio, Zapparoli, con ruolo di coordinamento), insieme ad altri zoologi italiani, stanno collaborando con l'Unione Zoologica Italiana nell'ambito di una convenzione che l'UZI ha stipulato con ISPRA per l'aggiornamento della cartografia e degli assessment sullo stato di conservazione delle specie di invertebrati terrestri incluse in Direttiva Habitat da inserire nel IV Report sullo stato di conservazione delle specie in DH in Italia da inviare alla Commissione Europea.

Ultimato il resoconto delle attività, il Segretario del CSFI si sofferma per un commosso ricordo dell'Accademico prof. Augusto Vigna Taglianti, venuto a mancare la sera del 7 giugno 2019, all'età di 75 anni. Annunciando che una commemorazione più ampia sarà tenuta in Accademia in una prossima adunanza, Zapparoli si limita a ricordare che Augusto Vigna Taglianti è stato membro del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia dal 1984, nominato dall'Accademia stessa, tenendone il coordinamento dal 2000 al 2014. Durante la sua presidenza sono stati pubblicati 12 volumi su 53 dell'intera collana. Nello stesso periodo fu avviata una fruttuosa collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare, che oggi purtroppo si è interrotta, che ha portato oltre che alla pubblicazione dei suddetti volumi, anche a:

– pubblicazione del volume "La Fauna in Italia", in collaborazione con il MATTM e il TCI, edito da Alessandro Minelli ed altri, nel 2002;
– ristampa della Iconografia della Fauna Italica di Carlo Luciano Bonaparte, nel 2003;
– realizzazione della Checklist delle specie della Fauna Italiana, in collaborazione con il Museo di Storia naturale di Verona, edita da Sandro Ruffo e Fabio Stoch, nel 2006;
– un accordo tra CSFI, SIBM e MATTM che ha consentito la realizzazione delle Checklist della flora e della fauna dei Mari Italiani (Giulio Relini ed.), nel 2008-2010.

Sempre durante la presidenza di Augusto Vigna Taglianti è stata avviata una intensa collaborazione con ISPRA per la redazione dei report sulle specie di invertebrati in Direttiva Habitat.

Il Segretario del CSFI riporta infine i ringraziamenti della famiglia Vigna Taglianti per i numerosi messaggi di stima e affetto inviati nei giorni scorsi dagli Accademici.

La scomparsa di Augusto Vigna Taglianti lascia un grandissimo vuoto in tutti noi, come Amico, come Collega, come Maestro.

5) Pubblicazioni dell'Accademia

Su invito del Presidente l'Accademico Roberto NANNELLI informa che, come programmato, nel mese di marzo sono stati pubblicati sia in forma cartacea che in versione online, con attivazione sul sito dell'Accademia dei pdf liberi scaricabili, il volume degli Atti e Rendiconti dell'Accademia; Anno LXVI (2018) e le tre monografie relative alle Tavole Rotonde tenute in febbraio, giugno e novembre 2018 (monografia n. 32 intitolata "Discese termiche e temperature basse e ultrabasse per la creazione di collezioni viventi di interesse agroforestale", monografia n. 33 intitolata "Approcci genomici e molecolari per il controllo di specie invasive di insetti di interesse agrario e sanitario" e monografia n. 34 intitolata "Estinzioni globali ed estinzioni locali"). I costi per la preparazione del volume e dei pdf della versione online sono stati completamente coperti con il finanziamento del MIBACT assegnato nel 2018. Sia il volume degli Atti sia le tre monografie, in formato pdf, sono state inviate per posta elettronica a tutti gli Accademici.

Per il presente anno è programmata la preparazione del volume degli Atti relativo al 2019 e le monografie relative alle Tavole Rotonde svolte nel 2019, se il Ministero dei Beni Ambientali, Culturali e del Turismo assegnerà all'Accademia un adeguato finanziamento. Sicuramente la stampa delle citate pubblicazioni avverrà nei primi mesi del prossimo anno, ma il curatore delle pubblicazioni invita i rispettivi coordinatori delle Tavole Rotonde a sollecitare i relatori a fornire, entro fine anno, il testo dei loro interventi.

6) Richiesta finanziamenti e attività culturale dell'Accademia

Il Presidente ricorda l'impegno a presentare richiesta di finanziamento al Ministero dei Beni Ambientali, Culturali e del Turismo con il programma triennale delle attività culturali dell'Accademia. Alla fine del mese di gennaio è stata presentata domanda al MIBAC con il programma delle attività culturali degli anni 2019 e 2020. Ai primi di marzo è pervenuta comunicazione che la domanda è stata accettata, ma non è possibile sapere l'entità del finanziamento e la data di disponibilità del contributo.

L'Accademico Francesco PENNACCHIO, chiesta e ottenuta la parola, informa che a dicembre 2019, a Genova, si terrà il meeting dei Dottorati di Ricerca e la celebrazione del 150° anniversario della fondazione della Società Entomologica Italiana.

Segue una breve discussione in merito ai possibili argomenti da trattare nel 2021 da cui emerge l'interesse per l'organizzazione di un evento culturale riguardante gli insetti saproxilici.

Il Presidente ricorda che nel programma devono essere inserite le commemorazioni degli Accademici recentemente scomparsi: Augusto VIGNA TAGLIANTI e Piero BARONIO.

Gli Accademici della sede di Roma si impegnano a commemorare l'Accademico Augusto VIGNA TAGLIANTI, mentre gli Accademici della sede di Bologna accettano l'incarico della commemorazione dell'Accademico Piero BARONIO. Entrambe le commemorazioni sono previste per la seduta pubblica del novembre 2020.

7) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 10:30.

Il Segretario — Piero CRAVEDI

Il Presidente — Romano DALLAI

SEDUTA PUBBLICA

Sabato 15 giugno 2019 alle ore 10,40, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio Firenze il Presidente Romano DALLAI dichiara aperta la Seduta Pubblica.

Oltre agli Accademici presenti all'Assemblea Plenaria, partecipano altri numerosi studiosi e ricercatori ospiti dell'Accademia.

Il Presidente Romano DALLAI invita l'Accademico Vincenzo GIROLAMI e il prof. Luca MAZZON dell'Università di Padova a presentare la lettura dal titolo:

"*Relazioni dei ditteri tefritidi con i batteri simbionti del tratto intestinale*"

Segue un'interessante discussione, al termine della quale il Presidente ringrazia il relatore e coloro che sono intervenuti.

Il Presidente dà successivamente la parola all'Accademico Roberto PANTALEONI per la commemorazione dell'Accademica Emerita Maria Matilde PRINCIPI e all'Accademico Sebastiano BARBAGALLO per la commemorazione dell'Accademico Onorario Henry L.G. STROYAN.

I testi della lettura e delle commemorazioni saranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2019.

La Seduta è tolta alle ore 12:00.

Il Segretario — Piero CRAVEDI

Il Presidente — Romano DALLAI

ASSEMBLEA ORDINARIA

Presiede il Presidente Prof. Romano DALLAI
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero CRAVEDI

Sabato 15 giugno 2019 alle ore 12:00, a Firenze Cascine del Riccio, via Lanciola 12/A come da convocazione del Presidente iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria.

Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: S. BARBAGALLO, P. CRAVEDI, R. DALLAI, B. GIORDANA, V. GIROLAMI, L. SANTINI.
Ordinari: A. ALMA, A. BATTISTI, A. BINAZZI, M. BIONDI, R. CERVO, M. COBOLLI,S. COLAZZA I. FLORIS, P. LUCIANO, S. MAINI, B. MASSA, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI. A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. ARZONE, A.M. BONVICINI PAGLIAI, G. BRIOLINI, M.V. COVASSI, G. DELRIO, F. FRILLI, G. GASPERI, M. MAROLI, L. MASUTTI, E. MELLINI, R. MONACO, G. NUZZACI, M. OLMI, G. OSELLA, S. RAGUSA DI CHIARA, L. RIVOSECCHI, G. ROTUNDO, V. SBORDONI, M. SOLINAS, L. SÜSS; *Ordinari*: P.A. AUDISIO, M.A. BOLOGNA, A. CASALE, E. DE LILLO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, G. GARGIULO, S. LONGO, C. MALVA, M. MAZZINI , A. MINELLI, G. PELLIZZARI, R. POGGI, O. TRIGGIANI.

Viene discusso il seguente ordine del giorno:

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti (24 febbraio 2019)
2) Comunicazioni del Presidente
3) Discussione sulle candidature per il rinnovo del Consiglio di Presidenza
4) Varie ed eventuali

1) Approvazione del verbale della seduta precedente (24 febbraio 2019)

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria di sabato 24 febbraio 2019, già inviato a suo tempo per posta elettronica al domicilio degli Accademici.

Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente comunica che, a norma dello Statuto (Articoli 12 e 13) e del Regolamento (Articolo 7), a fronte di 2 posti disponibili per Accademico Onorario, 6 posti per Accademico Ordinario e 7 posti per Accademico Straordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2019 le seguenti proposte per nuovi Accademici, che saranno votate nell'Assemblea Ordinaria del 16 novembre 2019:

– quattro proposte per Accademici Ordinari che riguardano gli Accademici Straordinari
  - Alberto Ballerio, presentato dagli Accademici Achille Casale, Roberto Poggi e Francesco Pennacchio;
  - Emilio Balletto, presentato dagli Accademici Pietro Brandmayr, Achille Casale e Marco A. Bologna;
  - Antonella Di Palma, presentata dagli Accademici Giorgio Nuzzaci, Mario Solinas e Salvatore Ragusa di Chiara;
  - Nunzio Isidoro, presentato dagli Accademici Andrea Battisti, Ignazio Floris e Bruno Massa;
– sette proposte per Accademici Straordinari che riguardano i professori:
  - Barbara Conti, presentata dagli Accademici Luciano Santini, Giorgio Nuzzaci e Massimo Mazzini;
  - Andrea Di Giulio, presentato dagli Accademici Anna Maria Fausto, Maurizio Biondi e Marco A. Bologna;
  - Maria Luisa Dindo, presentata dagli Accademici Stefano Maini, Giuseppina Pellizzari e Ignazio Floris;
  - Pietro Paolo Fanciulli, presentato dagli Accademici Marco A. Bologna, Francesco Frati e Francesco Pennacchio;
  - Emilio Guerrieri, presentato dagli Accademici Francesco Pennacchio, Andrea Battisti e Marco A. Bologna;
  - Franco Mason, presentato dagli Accademici Pio Federico Roversi, Paolo Audisio e Marco A. Bologna;
  - Lucia Zappalà, presentata dagli Accademici Agatino Russo, Alberto Alma e Francesco Pennacchio.

Il Presidente fa presente che hanno completato il quinquennio gli Accademici Straordinari Massimo Cristofaro, Antonella Di Palma e Giacinto Salvatore Germinara.

L'Accademica Antonella Di Palma è stata proposta per il passaggio alla categoria degli Ordinari. Gli Accademici Massimo Cristofaro e Giacinto Salvatore Germinara, dovranno essere confermati a novembre.

3) Discussione sulle candidature per il rinnovo del Consiglio di Presidenza

Il Presidente ricorda che nell'Assemblea Ordinaria del prossimo novembre sono previste le votazioni per il rinnovo del Consiglio di Presidenza dell'Accademia sottolineando il clima di stima reciproca e di armonia entro cui si stanno svolgendo tutte le attività.

Segue una partecipata discussione da cui emerge l'invito ad alcuni Accademici di considerare la possibilità a candidarsi. Tra i numerosi interventi figurano quelli degli Accademici A. Russo, F. Pennacchio, S. Turillazzi; M. Biondi; A. Battisti, A. Alma e S. Barbagallo.

Dalla discussione emerge l'auspicio che, a breve, possano emergere le candidature per tutte le cariche che fanno parte del Consiglio di Presidenza che ben rappresentino la complessità della nostra disciplina, considerando adeguatamente anche la componente femminile dell'Accademia.

A conclusione, il Presidente auspica che i colleghi che hanno espresso la loro disponibilità possano trovare un accordo su un nominativo, così da evitare che il Consiglio di Presidenza debba essere messo nelle condizioni di dover scegliere il nuovo Presidente fra più nominativi.

3) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 13:00.

Il Segretario — Piero CRAVEDI

Il Presidente — Romano DALLAI

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 15-16 NOVEMBRE 2019

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero Cravedi

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 15 novembre 2019, alle ore 14:30, a Firenze in via del Proconsolo 12, Palazzo Nonfinito, presso l'Aula 1 del Dipartimento di Biologia, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori della Seduta Pubblica. Sono presenti gli Accademici

Emeriti: P. Cravedi, R. Dallai, G. Delrio, G. Gasperi, B. Giordana, M. Maroli, G. Nuzzaci, S. Ragusa Di Chiara, L. Süss;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, M. A. Bologna, S. Colazza, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, G. Gargiulo, P. Luciano, C. Malva, B. Massa, R. Nannelli, G. Pellizzari, F. Pennacchio, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli;
Straordinari: E. Balletto, L. Dapporto, C. Digilio, G.S. Germinara, E. Mazzoni, S. Simoni, G. Siscaro, H. Tsolakis, S. Vanin.

Hanno giustificato la propria assenza, gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, S. Barbagallo, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, M.V. Covassi, M. Cobolli, F. Frilli, V. Girolami, L. Masutti, E. Mellini, M. Olmi, G. Osella, L. Rivosecchi, G. Rotundo, L. Santini, V. Sbordoni, M. Solinas. *Ordinari*: A. Binazzi, R. Cervo, F. Frati, S. Longo, M. Mazzini, P.F. Roversi, O. Triggiani; *Straordinari*: A. Ballerio, E. Conti, A. Di Palma, C. Duso, A.P. Garonna, N. Isidoro, A. Lucchi, R. Pantaleoni, R. Romani,

Alla Seduta Pubblica sono presenti anche numerosi ricercatori e studiosi ospiti dell'Accademia.

Il tema della Tavola Rotonda verte su:

"Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari"

Il Presidente Romano Dallai apre la Seduta Pubblica e invita l'Accademico Giacinto Salvatore Germinara, organizzatore della Tavola Rotonda, a coordinare i lavori. Si susseguono gli interventi:

– Accademico Giacinto Salvatore Germinara: Introduzione
– Prof. Pasquale Trematerra (Università del Molise, Campobasso) – *Strumenti decisionali e Integrated Pest Management nelle filiere alimentari*
– Accademico Emanuele Mazzoni – *La resistenza ai biocidi negli insetti di interesse merceologico/urbano*
– Dott. Stefano Bedini, dott. Priscilla Farina e prof. Barbara Conti (Università di Pisa) - *Bioattività degli oli essenziali: luci e ombre del loro utilizzo nella gestione degli insetti dannosi*
– Dott. Orlando Campolo, dott. Giulia Giunti, dott. Francesca Laudani e prof. Vincenzo Palmieri (Università di Reggio Calabria) - *Formulazioni a base di oli essenziali: proprietà chimico fisiche e attività insetticida*
– Dott. Sara Savoldelli e Accademico Luciano Süss (Università di Milano) - *Impiego dei feromoni per la gestione degli infestanti nelle industrie alimentari*
– Accademico Giacinto Salvatore Germinara, prof. Antonio De Cristofaro e Accademico Giuseppe Rotundo (Università di Foggia e Università del Molise) - *Efficacia del trattamento con polveri inerti sulle interazioni semiochimiche insetti-pianta ospite*
– Accademico Agatino Russo – *Il Controllo biologico nelle industrie alimentari*
– Accademici Sauro Simoni ed Enrico de Lillo – *Acari delle derrate: invasività e problematiche allergeniche e di controllo*

Segue un'interessante discussione, coordinata dall'Accademico Salvatore Giacinto Germinara, al termine della quale la Seduta si conclude alle ore 18,00 I testi delle relazioni saranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2019 dell'Accademia.

Il Segretario — Piero Cravedi
Il Presidente — Romano Dallai

ASSEMBLEA PLENARIA

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero Cravedi

Sabato 16 novembre 2019 alle ore 9:00, a Firenze Cascine del Riccio, via Lanciola 12/A, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria. Sono presenti gli Accademici:

Emeriti: S. Barbagallo, M.V. Covassi, M. Cobolli, P. Cravedi, R. Dallai, G. Delrio, G. Gasperi, B. Giordana, M. Maroli, L. Masutti, G. Nuzzaci, S. Ragusa Di Chiara, L. Santini, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss;

Ordinari: A. Alma, P.A. Audisio, A. Battisti, A. Binazzi, M. Biondi, M. A. Bologna, P. Brandmayr, A. Casale, R. Cervo, S. Colazza, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, F. Frati, G. Gargiulo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, B. Massa, M. Mazzini, A. Minelli, R. Nannelli, F. Nazzi, G. Pellizzari, F. Pennacchio, R. Poggi, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli;

Straordinari: A. Ballerio, E. Balletto, E. Conti, M. Cristofaro, L. Dapporto, C. Digilio, G. S. Germinara, A. Lucchi, E. Mazzoni, S. Simoni, G. Siscaro, H. Tsolakis;

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, F. Frilli, V. Girolami, E. Mellini, M. Olmi, G. Osella, L. Rivosecchi, G. Rotundo; *Ordinari*: S. Longo, A. Tranfaglia, O.Triggiani; *Straordinari*: D. Bosco, A. Di Palma, C. Duso, A.P. Garonna, N. Isidoro, R. Romani, S. Vanin.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti
2) Comunicazioni del Presidente
3) Proclamazione e consegna Diplomi ai nuovi Accademici
4) Fauna d'Italia
5) Programma definitivo delle Sedute per l'A.A. 2020
6) Varie ed eventuali

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti

Vengono esaminati i verbali delle Sedute Pubbliche di venerdì 8 e sabato 9 giugno e della Assemblea Plenaria del 9 giugno 2019, già inviati a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici. I verbali vengono approvati all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente comunica che le modifiche dello Statuto sono state registrate. Nella prossima Assemblea Ordinaria verrà approvato il Regolamento relativo in modo da renderlo pienamente

applicativo. Chiesta e ottenuta la parola, l'Accademico P.F. Roversi informa che è stato emanato il DPR 5 luglio 2019, n.102 che modifica il DPR 8/9/1997, n.375, reintroducendo nel nostro Paese la possibilità di realizzare interventi di "Lotta Biologica Classica" contro insetti nocivi provenienti da altri continenti. L'applicazione di tale norma, una volta regolamentata, consentirà l'introduzione volontaria di antagonisti naturali dall'areale di origine della specie aliena con lo scopo di costruire un nuovo equilibrio mantenendo le popolazioni del fitofago sotto la soglia di danno. Manca ancora un ultimo passaggio, costituito dalla pubblicazione del relativo Regolamento sui criteri per realizzare tali interventi, ma è ragionevole ipotizzare che sarà pubblicato entro il 2019.

Il Presidente ringrazia per le informazioni su un argomento che l'Accademia ha sempre considerato particolarmente importante.

Il Presidente invita il Tesoriere R. Nannelli a riferire in merito ai finanziamenti ottenuti dall'Accademia. Il Tesoriere Nannelli informa che sulla base della richiesta di contributo inoltrata al MIBACT nel mese di gennaio 2019, nei primi giorni di settembre è pervenuta al Presidente la comunicazione di assegnazione di un contributo di 8.612 Euro per l'attività culturale dell'Accademia. Tale finanziamento risulta poi accreditato sul c/c dell'Accademia nei primi giorni di ottobre, per cui se non intervengono comunicazioni successive, deve essere rendicontato al Ministero competente entro marzo 2020.

Il Presidente informa che a Genova dal 4 al 6 dicembre prossimi si terrà l'European PhD Network "Insect Science" X Annual Meeting. In tale occasione si terrà la celebrazione del 150° Anniversario della Società Entomologica Italiana e gli Accademici M.A. Bologna e A. Casale commemoreranno il Compianto Accademico Augusto Vigna Taglianti che per un lungo periodo ne è stato Presidente.

Su invito del Presidente l'Accademico S. Ragusa Di Chiara, in qualità di Presidente dell'EurAAc, presenta il Congresso che si terrà a Bari dal 13 al 17 luglio 2020, a cui l'Accademia ha concesso il patrocinio, e passa la parola all'Accademico E. de Lillo, organizzatore locale.

L'Accademico de Lillo illustra brevemente il Congresso che avrà il titolo" Acarology 1.0 to 2.0: Progress in Changing Times" e si terrà presso il Politecnico di Bari.

L'Assemblea esprime apprezzamento per l'importante iniziativa scientifica.

Il Presidente informa che è emersa la possibilità di partecipare a bandi della Banca d'Italia per la concessione di contributi. Si prevede di poter partecipare al bando che verrà pubblicato nei primi mesi del prossimo anno.

Comunica inoltre che è stato concesso il patrocinio e l'uso del logo dell'Accademia per un libro recentemente uscito a cura dell'entomologo Paolo Fontana, che a lungo ha operato presso l'Università di Padova.

Infine segnala che sono pervenute 5 candidature per il Premio Osella 2020. Una sesta candidatura è stata esclusa per il ritardo nella presentazione. Nella prossima Assemblea Ordinaria sarà nominata la Commissione giudicatrice.

3) Proclamazione e consegna Diplomi ai nuovi Accademici

Il Presidente consegna i Diplomi agli Accademici Ordinari neo eletti Maurizio Biondi, Stefano Colazza, Giuseppe Gargiulo, Francesco Nazzi e Marzio Zapparoli. Ritirano il diploma di Accademico Ordinario anche Enrico de Lillo, Giuseppina Pellizzari e Rita Cervo.

L'Assemblea si congratula con i nuovi Accademici Ordinari, accogliendoli con un caloroso applauso.

4) Fauna d'Italia

Su richiesta del Presidente dell'Accademia, prende la parola il Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, Accademico Marco A. Bologna, relazionando sulle attività del CSFI.

I due volumi della Collana Fauna d'Italia, pubblicati nell'anno in corso (LII, Hymenoptera Symphita, autore Fausto Pesarini; LIII, Lepidoptera Coleophoridae, autore Giorgio Baldizzone) sono presentati nuovamente e brevemente illustrati agli Accademici. Circa il volume sui Lepidoptera Rhopalocera (LIV, autore l'Accademico Emilio Balletto), si attendono informazioni sulla stampa che si auspica avvenga all' inizio del 2020. Si rammenta che al momento sono in preparazione altri tre volumi, tutti di carattere entomologico, e per i quali si auspica la consegna del manoscritto e la stampa nei due anni a venire: Psylloidea, autori l'Accademico Carmelo Rapisarda, e Cesare Conci; Diptera Tachinidae, autore Pierfilippo Cerretti; Neuropterida, autore Roberto Pantaleoni.

Il CSFI ha partecipato all'organizzazione del LXXX Congresso dell'Unione Zoologica Italiana a Roma (23-26 settembre 2019), presso il Dipartimento di Scienze dell'Università Roma Tre. Un intero simposio della durata di una giornata, dedicato alla memoria del compianto Accademico Augusto Vigna Taglianti, ha visto come argomento la Fauna italiana, con due sezioni, una sulla fauna marina ed una su quella terrestre e d'acqua dolce.

Durante il Convegno il CSFI ha anche conferito un premio per il miglior poster su tematica della fauna italiana a giovane ricercatore.

Prosegue il lavoro del gruppo operativo del CSFI (Accademici M.A. Bologna, S. Minelli e M. Zapparoli, oltre a L. Bonato) per la Nuova Checklist della Fauna italiana. Già 80 autori italiani e stranieri sono stato contattati e la maggior parte si è resa disponibile ad elaborare i database per i primi gruppi tassonomici selezionati, secondo i criteri fissati al CSFI. Prossimamente verranno consegnati i primi database e si avvierà una ricognizione di altri specialisti.

Membri del CSFI stanno tuttora collaborando con l'Unione Zoologica Italiana nell'ambito di una convenzione che l'UZI ha stipulato con ISPRA per l'aggiornamento della cartografia e degli assessments sullo stato di conservazione delle specie di invertebrati terrestri incluse in Direttiva Habitat da inserire nel IV report sullo stato di conservazione delle specie in DH in Italia da inviare alla Commissione Europea.

Il Presidente del CSFI fa presente che una commemorazione dell'ex Presidente ed Accademico Augusto Vigna Taglianti, corredata di elenco delle pubblicazioni e numerose altre informazioni, sarà presentata durante l'Assemblea della Società Entomologica Italiana il giorno 6 dicembre a Genova. La stessa commemorazione verrà poi presentata in Accademia.

5) Programma definitivo delle sedute per l'A.A. 2020

Il Presidente informa che, in continuità con quanto programmato negli anni precedenti, le sedute dell'Anno Accademico 2020 si terranno nei giorni 21 e 22 febbraio a Firenze, il 9 giugno a Torino, in occasione del XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia che si terrà dall'8 al 12 giugno e il 20 e 21 novembre a Firenze. Il programma dell'attività culturale del 2020, già approvato nell'Assemblea Plenaria del 24 febbraio 2019, viene sotto riportato:

– 21 febbraio, venerdì – Tavola Rotonda su "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: recenti acquisizioni sui meccanismi di trasmissione di virus e batteri" a cura dell'Accademico Domenico Bosco.
– 22 febbraio, sabato – Lettura dell'Accademico Leonardo Dapporto su "Filogeografia comparativa dei lepidotteri diurni europei".
– Commemorazione dell'Accademico Carlo Ricci da parte dell'Accademico Eric Conti.
– Commemorazione dell'Accademico Sergio Zangheri da parte dell'Accademica Giuseppina Pellizzari.

– Data non ancora fissata nella prima metà del 2020, a Sassari, Convegno sull'Apicoltura italiana organizzato dall'Accademico Ignazio Floris.
– 8-12 giugno, a Torino, XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia.
– 20 novembre, venerdì – Tavola Rotonda sull'Acarologia coordinata dagli Accademici Sauro Simoni, Antonella Di Palma ed Enrico de Lillo.
– 21 novembre, sabato – Lettura dell'Accademico Sauro Simoni sull'Acarologia.

6) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 9:30

Il Segretario — Piero Cravedi
Il Presidente — Romano Dallai

SEDUTA PUBBLICA

Sabato 16 novembre 2019 alle ore 9:30, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio Firenze, il Presidente Romano Dallai dichiara aperta la Seduta Pubblica.

Oltre agli Accademici presenti all'Assemblea Plenaria, partecipano altri numerosi studiosi e ricercatori ospiti dell'Accademia. Il Presidente Romano Dallai invita gli Accademici Massimo Cristofaro ed Enrico de Lillo a presentare la lettura dal titolo:

"La pianta infestante Ailantus altissima *e studio della fattibilità di un programma di controllo biologico"*

Segue un'interessante discussione, al termine della quale il Presidente ringrazia i relatori e coloro che sono intervenuti.

Il Presidente dà successivamente la parola all'Accademico Salvatore Ragusa Di Chiara per la commemorazione dell'Accademico Giovanni Mineo.

I testi della lettura e della commemorazione saranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2019.

La Seduta è tolta alle ore 10:55.

Il Segretario — Piero Cravedi
Il Presidente — Romano Dallai

ASSEMBLEA ORDINARIA
Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof. Piero Cravedi

Sabato 16 novembre 2019 alle ore 11:00, presso la propria sede in via Lanciola 12/A Cascine del Riccio Firenze, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria alla presenza degli Accademici:

Emeriti: S. Barbagallo, M.V. Covassi, M. Cobolli, P. Cravedi, R. Dallai, G. Delrio, G. Gasperi, B. Giordana, M. Maroli, L. Masutti, G. Nuzzaci, S. Ragusa Di Chiara, L. Santini, V. Sbordoni, M. Solinas, L. Süss;
Ordinari: A. Alma, P.A. Audisio, A. Battisti, A. Binazzi, M. Biondi, M.A. Bologna, P. Brandmayr, A. Casale, R. Cervo, S. Colazza, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, F.

Frati, G. Gargiulo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, B. Massa, M. Mazzini, A. Minelli, R. Nannelli, F. Nazzi, G. Pellizzari, F. Pennacchio, R. Poggi, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: A. Arzone, A.M. Bonvicini Pagliai, G. Briolini, L. Bullini, F. Frilli, V. Girolami, E. Mellini, M., Olmi G. Osella, L. Rivosecchi, G. Rotundo; *Ordinari*: S. Longo, A. Tranfaglia, O. Triggiani.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della seduta precedente
2) Comunicazioni del Presidente
3) Approvazione del nuovo Regolamento dell'Accademia
4) Esame e approvazione del Bilancio preventivo a.f. 2020
5) Nomina Commissione Giudicatrice Premio Osella 2020
6) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Ordinari
7) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Straordinari
8) Nomina del rappresentante dell'Accademia nel Comitato Scientifico della Fauna d'Italia in sostituzione del compianto Accademico Augusto Vigna Taglianti
9) Votazione per l'elezione del nuovo Consiglio di Presidenza per il triennio 2020-2022
10) Votazione per la conferma degli Accademici Straordinari in scadenza di quinquennio
11) Varie ed eventuali.

1) Approvazione del verbale della seduta precedente

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria del 15 giugno 2019, già inviato a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici.

Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente.

Il Presidente comunica che le modifiche di Statuto, approvate nell'Assemblea Ordinaria del 17 novembre 2018, sono state ufficialmente registrate dalla Prefettura di Firenze.

3) Approvazione del nuovo Regolamento dell'Accademia

Il Presidente informa che per l'applicazione del nuovo Statuto è necessario adeguare il Regolamento e ricorda che un'approvazione preliminare è già stata decisa nell'Assemblea Ordinaria del 17 novembre 2018. Il nuovo Regolamento è stato poi inviato, per posta elettronica, a domicilio agli Accademici allegato alla convocazione della presente Assemblea. Il Presidente chiede all'Assemblea la conferma dell'approvazione.

Il nuovo Regolamento viene approvato all'unanimità

4) Esame e approvazione Bilancio preventivo anno finanziario 2020

Su invito del Presidente, il Tesoriere Roberto Nannelli informa che nei primi giorni di novembre è stata predisposta una bozza di bilancio che è stata inviata per e-mail a ciascuno dei componenti del Collegio dei Revisori dei Conti. Non essendo emersi rilievi è stato poi concordato con il Presidente del Collegio (Dr.ssa Adele De Luca) di ratificare il bilancio in una prossima riunione da tenere prima dell'Assemblea dell'Accademia del febbraio 2020, in cui dovrà essere ratificato anche il Bilancio consuntivo 2019.

Viene quindi presentata in Assemblea la bozza di bilancio con riserva di approvazione appena sarà possibile convocare il Collegio dei Revisori dei conti per la stesura del verbale e la ratifica definitiva.

Il Tesoriere illustra i diversi punti della bozza di Bilancio preventivo 2020. Il Consiglio di presidenza ha programmato la preparazione e stampa del volume degli Atti dell'Accademia 2019 e se ci saranno risorse sufficienti ritiene anche importante realizzare tre monografie con i contributi presentati nelle Tavole Rotonde organizzate dall'Accademia nel corso del 2019. Con il contributo ricevuto dal MIBAC sarà anche possibile rimborsare i relatori stranieri invitati dai Coordinatori delle Tavole Rotonde organizzate dall'Accademia relativamente alle spese sostenute per il viaggio e il soggiorno in Italia.

L'Assemblea non pone rilievi ed approva all'unanimità la bozza.

5) Nomina Commissione Giudicatrice Premio Osella 2020.

Il Presidente comunica che, entro i termini fissati dal Bando, sono pervenute 5 domande di partecipazione al "Premo Osella 2020".

Dopo breve discussione vengono nominati, come membri della Commissione giudicatrice, gli Accademici Anna Maria Fausto, Francesco Frati e Marzio Zapparoli.

6) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Ordinari.

A norma dello Statuto allora in vigore (Articoli 12 e 13) e del Regolamento (Articolo 7), a fronte di 6 posti disponibili per Accademico Ordinario, sono pervenute, entro il 30 aprile 2019, 4 proposte per nuovi Accademici Ordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2019.

Le 4 proposte per nuovi Accademici Ordinari riguardano gli Accademici Straordinari:

– Alberto Ballerio, presentato dagli Accademici Achille Casale, Roberto Poggi e Francesco Pennacchio;
– Emilio Balletto, presentato dagli Accademici Pietro Brandmayr, Achille Casale e Marco A. Bologna;
– Antonella Di Palma, presentata dagli Accademici Giorgio Nuzzaci, Mario Solinas e Salvatore Ragusa Di Chiara;
– Nunzio Isidoro, presentato dagli Accademici Andrea Battisti, Ignazio Floris e Bruno Massa.

Il Presidente, verificata, come disposto dall'Articolo 4.10 dello Statuto attualmente in vigore, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari effettivi, dichiara valida l'Assemblea.

Vengono designati gli Accademici Stefano Colazza e Giuseppina Pellizzari quali scrutatori per questa e per le altre votazioni previste per la presente seduta.

a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Alberto Ballerio. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario Roberto Poggi illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Alberto Ballerio eletto e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.
b) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Emilio Balletto. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario Achille Casale illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candi-

dato. Il Candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Emilio Balletto eletto e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.

c) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Antonella Di Palma. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario Giorgio Nuzzaci illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici della candidata. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Antonella Di Palma eletta e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.
d) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Nunzio Isidoro. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario Andrea Battisti illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Nunzio Isidoro eletto e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.

7) Votazioni per elezione nuovi Accademici Straordinari.

A norma dello Statuto allora in vigore (Articoli 12 e 13) e del Regolamento (Articolo 7), a fronte di 7 posti per Accademico Straordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2019 le seguenti 7 proposte per nuovi Accademici Straordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2019.

– Barbara Conti, presentato dagli Accademici Luciano Santini, Giorgio Nuzzaci e Massimo Mazzini;
– Andrea Di Giulio, presentato dagli Accademici Anna Maria Fausto, Maurizio Biondi e Marco A. Bologna;
– Maria Luisa Dindo, presentata dagli Accademici Stefano Maini, Giuseppina Pellizzari e Ignazio Floris;
– Pietro Paolo Fanciulli, presentato dagli Accademici Marco A. Bologna, Francesco Frati e Francesco Pennacchio;
– Emilio Guerrieri, presentata dagli Accademici Francesco Pennacchio, Andrea Battisti e Marco A. Bologna;
– Franco Mason, presentato dagli Accademici Pio Federico Roversi, Paolo Audisio e Marco A. Bologna;
– Lucia Zappalà, presentata dagli Accademici Agatino Russo, Alberto Alma e Francesco Pennacchio.

Il Presidente, verificata, come disposto dall'Articolo 4.10 dell'attuale Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.

a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Barbara Conti.
Come previsto dall'Articolo 4.9, dell'attuale Statuto, l'Accademico Luciano Santini illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata.
La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Barbara Conti Accademica Straordinaria dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.
b) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Andrea Di Giulio. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Marco A. Bologna illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, Andrea Di Giulio Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.

c) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Maria Luisa Dindo. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Stefano Maini illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, Maria Luisa Dindo Accademica Straordinaria dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.
d) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Pietro Paolo Fanciulli. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Marco A. Bologna illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, Pietro Paolo Fanciulli Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.
e) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Emilio Guerrieri.
Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Francesco Pennacchio illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, Emilio Guerrieri, Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.
f) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Franco Mason.
Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Pio Federico Roversi illustra i meriti scientifici e accademici del candidato.
Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, Franco Mason Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.
g) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Lucia Zappalà.
Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Agatino Russo illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata.
La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, proclama Lucia Zappalà Accademica Straordinaria dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2022.

8) Nomina del rappresentante dell'Accademia nel Consiglio Scientifico della Fauna d'Italia in sostituzione del compianto Accademico Augusto Vigna Taglianti.

Su invito del Presidente l'Accademico Marco A. Bologna, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, evidenzia la necessità di indicare un rappresentante della nostra Accademia in sostituzione del compianto Accademico August Vigna Taglianti.

Dopo una breve discussione viene approvata la proposta di nominare il neo eletto Accademico Straordinario Franco Mason nel Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia.

9) Votazione per l'elezione del nuovo Consiglio di Presidenza per il triennio 2020-2022

Il Presidente introduce l'argomento richiamando l'articolata discussione sulle candidature avvenuta durante l'Assemblea Ordinaria dello scorso 15 giugno, nella quale era emerso l'invito ad alcuni Accademici di considerare la possibilità di candidarsi.

Dalla discussione emerse anche l'auspicio che, a breve, potessero emergere anche le candidature per tutte le cariche che fanno parte del Consiglio di Presidenza, considerando la necessità di ben rappresentare la complessità della nostra disciplina.

Da un sereno confronto fra gli Accademici individuati per la carica di Presidente durante l'Assemblea Ordinaria è poi emerso il nominativo dell'Accademico Ordinario Francesco Pennacchio come possibile futuro Presidente.

Il Consiglio di Presidenza, dai colloqui avuti con vari Accademici, ha inoltre individuato l'Accademica Ordinaria Anna Maria Fausto come possibile Vice Presidente e l'Accademica Ordinaria Rita Cervo come possibile Segretario.

L'Accademico Ordinario Roberto NANNELLI ha infine offerto la propria disponibilità a proseguire la sua attività come Tesoriere dell'Accademia.

Il Presidente esprime all'Accademico NANNELLI la gratitudine per il gravoso ed eccellente lavoro svolto in tutti questi anni. Prima di procedere alle votazioni l'Accademico Emerito Mario SOLINAS chiede di poter intervenire, ma il Presidente, in considerazione dell'ampio esame dell'argomento già avvenuto, non acconsente ad aprire la discussione.

Il Presidente,

– constatato che l'Assemblea è nelle condizioni di poter deliberare, essendo presente, come previsto dallo Statuto, la maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari (Accademici Ordinari n. 31, Emeriti n.16. Accademici complessivamente presenti n.47 più n. 2 rappresentati per delega)
– designati gli Accademici Ordinari Stefano COLAZZA e Giuseppina PELLIZZARI quali scrutatori per questa e per le altre votazioni della presente seduta,
– invita l'Assemblea a passare alle votazioni a scrutinio segreto.

a) Votazione per la carica di Presidente.
L'Accademico Francesco PENNACCHIO dichiara di astenersi dalla votazione e non ritira la scheda.
Votanti 48. Francesco Pennacchio ha ottenuto 34 voti favorevoli, 3 voti contrari e 11 schede bianche. In seguito alla votazione l'Accademico Ordinario Francesco PENNACCHIO viene eletto Presidente.
b) Votazione per la carica di Vice Presidente. L'Accademica Anna Maria FAUSTO dichiara di astenersi dalla votazione e non ritira la scheda.
Votanti 45. Anna Maria FAUSTO ha ottenuto 37 voti favorevoli, 3 voti contrari e 5 schede bianche. In seguito alla votazione l'Accademica Ordinaria Anna Maria FAUSTO viene eletta Vice Presidente.
c) Votazione per la carica di Segretario.
L'Accademica Rita CERVO dichiara di astenersi e non ritira la scheda.
Votanti 47. Rita CERVO ha ottenuto 40 voti favorevoli, 3 voti contrari e 4 schede bianche. In seguito alla votazione l'Accademica Ordinaria Rita CERVO viene eletta Segretario.
d) Votazione per la carica di Tesoriere.
L'Accademico Roberto NANNELLI dichiara di astenersi e non ritira la scheda.
Votanti 46. Roberto NANNELLI ha ottenuto 46 voti favorevoli
In seguito alla votazione l'Accademico Ordinario Roberto NANNELLI viene confermato Tesoriere.

L'Assemblea accoglie l'esito delle votazioni con un caloroso applauso.

Su proposta del Presidente, l'Assemblea conferma per acclamazione gli Accademici Ordinari Pio Federico ROVERSI e Andrea BINAZZI quali revisori dei conti effettivi e l'Accademico Ordinario Massimo MAZZINI quale revisore dei conti supplente per il prossimo triennio.

10) Votazione per la conferma degli Accademici Straordinari in scadenza di quinquennio

Il Presidente informa che per gli Accademici Straordinari Massimo CRISTOFARO e Giacinto Salvatore GERMINARA è scaduto il quinquennio di appartenenza.

Il Presidente, verificato, come disposto dall'Articolo 4 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari dichiara valida l'Assemblea.

– Viene posta in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademico Straordinario Massimo CRISTOFARO.
Come previsto dall'Articolo 4 dello Statuto, il Presidente ricorda all'Assemblea l'impegno scientifico, l'interesse dimostrato e il desiderio espresso dal medesimo di poter continuare in futuro.

Il candidato raggiunge il quorum previsto e il Presidente lo proclama Accademico Straordinario a vita.

– Viene posta in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademico Straordinario Salvatore Giacinto GERMINARA.
Come previsto dall'Articolo 4 dello Statuto, il Presidente ricorda all'Assemblea l'impegno scientifico, l'interesse dimostrato e il desiderio espresso dal medesimo di poter continuare in futuro.
Il candidato raggiunge il quorum previsto e il Presidente lo proclama Accademico Straordinario a vita.

11) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 13:00.

Firenze, 16 novembre 2019

Il Segretario — Piero CRAVEDI

Il Presidente — Romano DALLAI

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 37-43

COMMEMORAZIONE

IN MEMORY OF HENRY L.G. STROYAN (1921-2018)[1]

SEBASTIANO BARBAGALLO [a]

[a]*Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente – Università degli Studi di Catania*
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze 15 giugno 2019

Henry Lindsay Gray Stroyan, entomologist, was borne in Derby, England on January 9, 1921 and passed away in Harpenden, England on October 5, 2018. Henry grew up in Derby where he completed high school. After graduating, he enrolled at Cambridge University pursuing a Bachelor of Sciences degree in Natural Sciences, with a major in Zoology. In 1942, he earned his degree with Honour and was awarded the Frank Smart Price for Zoology.

Soon after, he enlisted in the Royal British Army and was posted in India where he served during the World War II (1942-1946) in the capacity of entomologist officer. He was assigned to the protection of stored food supply from ravaging insects, at first for the British and, subsequently, the Indian Army. In these years, Henry had the opportunity to continue by proxy his studies for a Master Sciences degree in Entomology that he obtained from the University of Cambridge in1946, when he returned to Great Britain from India.

After graduation, he was awarded, in 1947, a three-year research grant by the British Agricultural Research Council (ARC) to study aphid taxonomy and biology at the University of Cambridge. The following year he attended, as a delegate of this University, the Eight International Congress of Entomology in Stockholm where he presented his first aphid investigation, concerning the 'Identity of *Aphis tanaceti* L. 1758', that he re-named *Metopeurum fuscoviride* nom. nov. On that occasion, Henry met Dick Hille Ris Lambers, with whom he started a life-long friendship and professional relationship. They travelled in Italy together and jointly visited (April 1955) the Natural History Museum Giacomo Doria in Genoa and the Institute of Zoology – University of Parma, in Parma to study the

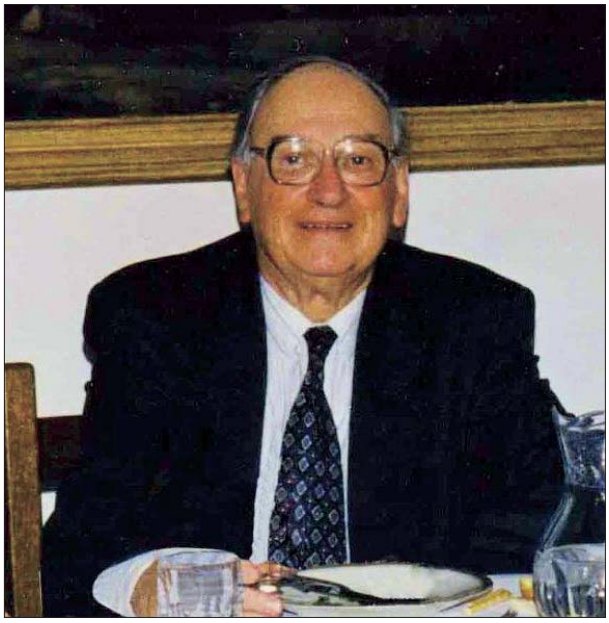


Fig. 1 – Dr. Henry L.G. Stroyan, here aged 78.

aphid collections of P. M. Ferrari and G. Passerini, respectively. Here, Henry and Dick made microscopic preparations from both collections in spirits and revised the taxonomic status of some early described species by the two Italian aphidologists.

Henry had also the opportunity to examine as well (1969) other Italian aphids in a few slides from Del Guercio collection that he received from his friend and colleague Minos Martelli, University of Milan. These morphological studies resulted in the correct identification and nomenclatural assessment of species belonging to the genera *Cavariella* and *Coloradoa*, respectively.

In 1951, his three-year grant was extended by the ARC for two additional years during which he continued his work on aphid taxonomy in the capacity of Senior Scientific Officer. In 1952, Henry transferred to the British Ministry of Agriculture (MAFF) working at

[1]A shorter version of the present commemoration was published on *Antenna* 2019, 43(1):51.

– Pubblicato marzo 2020

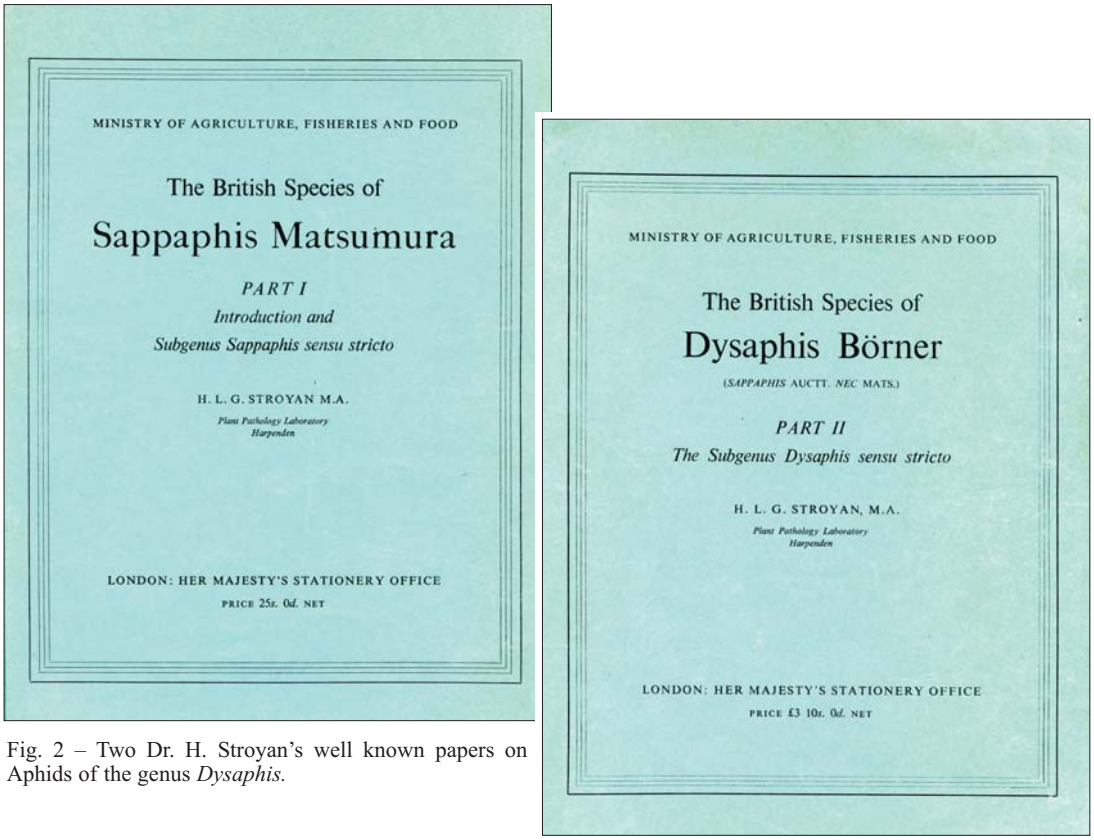


Fig. 2 – Two Dr. H. Stroyan's well known papers on Aphids of the genus *Dysaphis*.

the Plant Pathology Laboratory in Harpenden (Herts.) as Principal Scientific Officer (1957). He was then promoted for special merit to Senior Principal Scientific Officer in1965.

During these years, he accepted an invitation from the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) to undertake an investigation on the occurrence and epidemiology of the citrus Tristeza virus in Israel. This project included a wide survey of aphid vectors of this virus in the Mediterranean Basin to verify the possible presence of *Toxoptera citricidus*, the most efficient vector among these aphids.

In the summer of 1966, he conducted taxonomical studies of aphids in the United States in cooperation with Clyde F. Smith, North Carolina State University in Raleigh, using funds from a Kellog Fellowship.

The large production of excellent entomological publications allowed Henry to earn a degree of Doctor of Philosophy in Entomology that was conferred to him, in 1973, by the University of Cambridge under Special

Fig. 3 – Aphidologists attending the 1st International Symposium on Aphids held at Jabłonna (Poland) on 5-11 April 1981; Dr. H. Stroyan is the third from right on the first row (courtesy of M. Kanturski).

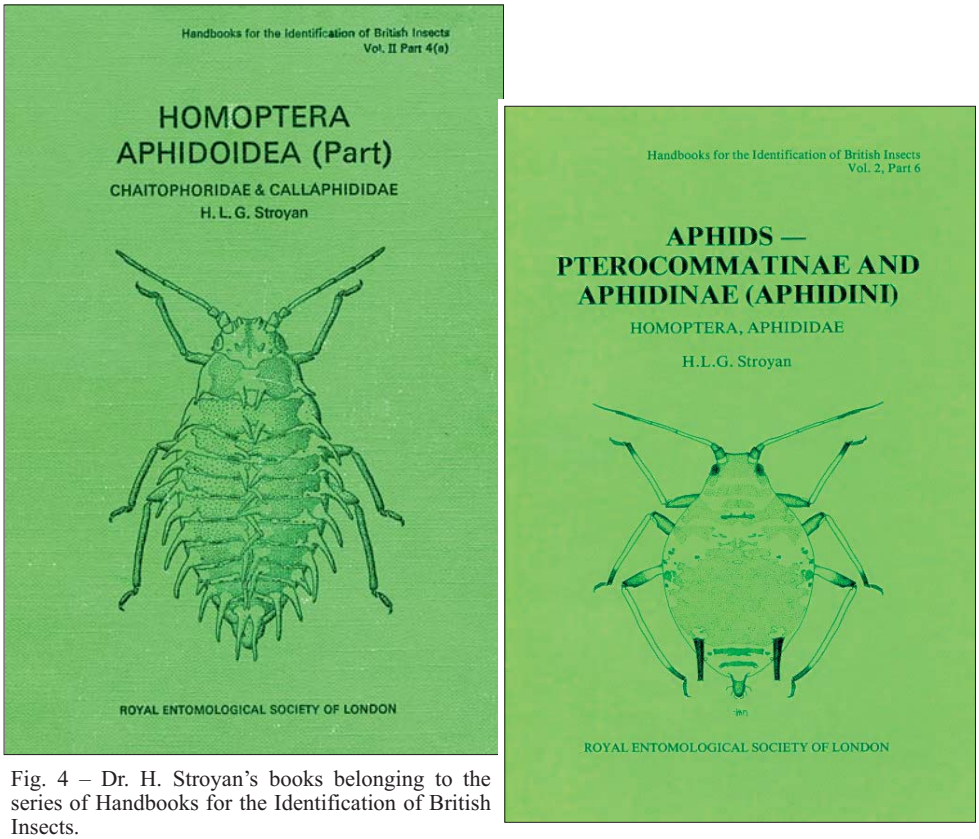


Fig. 4 – Dr. H. Stroyan's books belonging to the series of Handbooks for the Identification of British Insects.

Regulations and based on the submission of published and peer reviewed scientific articles rather than a thesis.

During his activity at the Harpenden Laboratory and for many years, Henry was validly assisted in his work by Robert N.B. Prior and Chris Furk, who have published excellent research works, conducted under his supervision, on different aspects of aphid taxonomy and/or biology, including the study of resistance of damaging arthropods to insecticides.

In 1982 Henry retired officially from his post at MAFF and received permission to work for a further year to complete his second aphid handbook on Pterocommatinae & Aphidini, published by the Royal Entomological Society (London) in 1984.

He was also a prolific writer. His publications (one hundred altogether) span over a period of more than fifty years, from 1946 to 1999. Most of them are devoted to ovoviviparous aphids (Aphididae), except for a small group of them, published at the beginning of his scientific career, on different insect groups or other arthropods (such as Lepidoptera, Neuroptera, Heteroptera and Aracnidae).

Henry contributed to the knowledge of world aphid fauna and particularly that of Britain, describing a total of 53 new aphid taxa of specific or subspecific rank and belonging to different subfamily groups. Only five of them are regarded as synonyms now, all others are valid binomial taxa. Most of them, of course, were collected in Britain, but not a few come from Italy or other countries (USA, Iceland, India, Pakistan and others). He named two new genera, *Pterasthenia*, from E Africa and *Gharesia*, from NW Himalayas and two subgenera, *Sciamyzus* and *Neokakimia*. The genus *Pterasthenia* became the type genus of the small subfamily Pterastheniinae that was established by Remaudière & Quednau and represents with another genus sub-Saharan aphid species living on Fabaceae plants. The subgenus *Sciamyzus* is a valid subgenus of *Myzus,* whereas *Neokakimia* is today quoted as a synonym of the subgenus *Kakimia*.

Henry Stroyan is certainly well known among aphidologists for his taxonomic and biological investigation on the Macrosiphini genus *Dysaphis*. Among about a dozen of his papers dealing within that aphid Palaearctic group, the most relevant appear the two concerning the 'Revision of British Species' published in 1957 and 1963, respectively, which were the major contributions that awarded him the Ph.D. Each of the two monographic papers are enriched with morphological illustrations of the species and detailed biological and morphometric data, covering a wide range of morphological variations and allowing, as much as possible, a correct identification of each species. A further large monographic contribution on the same aphid genus was prepared, subsequently, by Henry, upon invitation of his Polish friend Henryk Szelegiewicz, and was a major topic of his talk at the 1st Aphidological Symposium held at Jabłonna, near Warsaw, in 1981.

Fig. 5 – Dr. H. Stroyan with his wife (at the head of the table) and other friends to a convivial dinner, kindly offered by Binazzi's family, while he was invited as lecturer (November 1999) by the Italian Academy of Entomology in Florence (courtesy of A. Binazzi

Undoubtedly worth of mention is a series of eight Henry's papers dealing within the British aphid fauna, in addition to the Aphididae checklist (2nd ed.) published in 1964. On that group of publications, Roger L. Blackman in the 'Acknowledgements' to his book on British Macrosiphini aphids (Handbk Ident. Br. Insects, Vol.2, Part 7, R. Ent. Soc. London, 2010) wrote: "… by far the greatest contribution to knowledge of the British aphid fauna has been made by Henry Stroyan …", and: "Stroyan's work and publications not only almost doubled the number of species on the British list but provided much additional information on life cycles and host-plant relationships". On the same topic, Henry gave in addition an effective contribution to the series of Handbooks for the Identification of British Insects, producing the two monographs on 'Chaitophorinae & Callaphidinae' (1977) and 'Pterocommatinae & Aphidinae – Aphidini' (1984), providing precise hand-made drawings for each of the taxa studied. Here of great taxonomic relevance is the descriptive outline of the 92 *Aphis* species studied; in fact, for each one of them detailed biological and morphometric data are reported, in order to help the user to overcome the difficulty in identifying species in this aphid group.

Other remarkable papers Henry wrote include the 'Biology of aphids' (co-authored with J.S. Kennedy in 1959); the 'British species of *Pemphigus*' (1964); 'The life cycle of *Aphis tremulae* L.' (1975), with a key to British Pemphiginae genera; the 'Revisionary notes on genus *Metopolophium*' (1982) and 'Un *Tamalia* nouveau de Californie' (co-authored with G. Remaudière in 1984) that contains a detailed account of Tamaliinae and taxonomic related groups.

The last of Henry's papers, entitled 'Tribulations of an aphid taxonomist', was presented in 1999 at the Italian Academy of Entomology (Florence). In this talk, Henry elucidated "the biological strategies enabling aphids to explore and survive the variation of their environment" and pointed out that these phenotypic morphological variations "can impose limits on the confidence with which taxonomists can interpret morphological data derived from field collections of critical taxa". Likely, it may indeed represent the conclusion of a life spent in the study of this surprising group of insects.

Henry was recognized as a leading taxonomist and was recipient of many honours. He was a Fellow of both the R. Entomological Society (1947), and the Linnean Society of London (1954), and Honorary Member of the Italian Academy of Entomology in Florence (1988). Henry was involved in the activities of professional entomological societies. He attended, as a key speaker, several international entomological meetings, and organized jointly with T. Clay and R.W. Crosskey (British Museum – Natural History) the session on Systematics and Phylogeny during the XII Int. Congress of Entomology in London, in 1964. He also acted as a Vice-President of the Royal Entomological Society for the year 1966-67 and served as Honorary Secretary of this society in 1968-74.

Soon after his retirement, Henry offered his quite large aphid collection to the Natural History Museum (London), where it was added to the very rich collection already kept up at the Museum to be used by scientists as a source of voucher specimens for taxonomical studies. He also provided the writer of this tribute with his bibliographical collection on aphids, which is now kept at the Department of Agriculture, section of

Entomology, University of Catania, Italy, as a valuable source of aphid literature at hand available, and otherwise even difficult to find.

Henry was a perfect gentleman and very likeable and generous person, extremely attached to his family. The writer met Henry the first time in May 1975, during a six months' period spent under his supervision at the MAFF Plant Pathology Laboratory of Harpenden (Hertfordshire) and using grant funds provided by the Italian National Research Council (CNR) to study bio-systematics of aphids. This grant was subsequently renewed for additional four months to be spent during the summer of 1978.These initial studies resulted in a long lasting scientific cooperation and personal friendship with the cooperative publications of a faunistic and taxonomic paper on the aphid fauna of Sicily. Since that time, a never broken series of mail correspondence and family visits in Harpenden was established. These social visits included Henry's wife Kay, before she passed away a few years before him, and the writer's wife Dora. During the last of these visits in September 2018, Henry was in excellent health for his age. Complications from a hip fracture occurred in October 2018 caused his unexpected demise.

Henry's death is a true loss for all the aphidologists. He was a very good friend and as well as a master of life and science to the writer.

Henry is survived by his two sons Alasdair and Rory, daughter Sarah, and grandchildren Angus and Gemma.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to address my sincere thanks to Mrs. Sarah Stroyan Carmichael and to my colleagues Dr. Richard Harrington (Harpenden, UK), Dr. Patti J. Anderson (Gainesville-FL, USA), Dr. Mariusz Kanturski (Warsaw-PL) and Dr. Andrea Binazzi (Florence-I) for their valuable supports and information provided.

Dr. Henry L. G. Stroyan's papers

1. Stroyan H.L.G., 1946 - *Biological notes on Indian stored product insects*. - Entomologist, 79: 135-139.
2. Stroyan H.L.G., 1949 - *The occurrence and dimorphism in Britain of* Metopeurum fuscoviridae *nom. n. (*Pharalis tanaceti *Auct. nec. L.) (Hemiptera, Aphididae).* - Proc. R. ent. Soc. London (A), 24: 79-82.
3. Stroyan H.L.G., 1949 - *Range changes in British butterflies*. - Entomologist, 82. 210-211.
4. Stroyan H.L.G., 1949 - *A note on the biology of* Emicromus angulatus *(Stephens) (Neuroptera*, *Hemerobiidae)*. - Entomologist, 82. 273-274.
5. Stroyan H.L.G., 1950 - *The identity of* Aphis tanaceti *L. 1758*. - Proc. Eighth Int. Congr. Ent., Stockholm: 999-1001.
6. Stroyan H.L.G., 1950 - *Recent additions to the British aphid fauna. Part I:* Dactynotus *Rafinesque to* Rhopalosiphum *Koch, C. L.* - Trans. R. ent. Soc. Lond., 101: 89-124.
7. Stroyan H.L.G., 1950 - *A new British aphid species from* Linaria. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 19: 60-63, + 1 pl.
8. Stroyan H.L.G., 1950 - Jacksonia papillata *Theobald (Hemiptera, Aphididae): A redescription with biological and taxonomic notes*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 19: 90-95.
9. Stroyan H.L.G., 1950 - *Spiders and* Melitaea athalia. - Entomologist, 84: 91-92.
10. Stroyan H.L.G., 1951 - *Postscript*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (A), 26: 42. [*Postscript to:* Jackson D.J.*, 1951 - Food-plant of* Jacksonia papillata *Theobald (Hemiptera: Aphididae)*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (A), 26: 41-42].
11. Stroyan H.L.G., 1952 - *Three new species of British aphids*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 21: 117-130.
12. Stroyan H.L.G., 1952 - *A new aphid genus from East Africa*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 21: 149-154.
13. Stroyan H.L.G., 1952 - *Records of Cambridgeshire Aphididae*. Entomologist, 85: 234-236.
14. Stroyan H.L.G., 1952 - *Records of Cambridgeshire Aphididae*. - Entomologist, 85: 249-259.
15. Stroyan H.L.G., 1952 - *The identification of aphids of economic importance*. - Pl. Path., 1: 9-14.
16. Stroyan H.L.G., 1952 - *The identification of aphids of economic importance*. - Pl. Path., 1: 42- 48.
17. Stroyan H.L.G., 1952 - *The identification of aphids of economic importance*. - Pl. Path., 1: 92-99.
18. Stroyan H.L.G., 1952 - *The identification of aphids of economic importance*. - Pl. Path., 1: 123-129.
19. Doncaster J.P., Stroyan H.L.G., 1952 - *A new subgenus and new species of aphid from Jan Mayen Island*. - Ann. & Mag. nat. Hist., Ser.12, V: 984-987 + 1 pl.
20. Stroyan H.L.G., 1953 - *A new British species of* Calaphis *Walsh (Hem., Aphididae)*. - Entomologist's mon. Mag., 89:13-16.
21. Stroyan H.L.G., 1953 - *Notes on some species of* Dysaphis *Börner, 1931 (Hem., Aphididae)*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 22: 95-102.
22. Stroyan H.L.G., 1953 - *A new account of* Aphis compositellae *Theobald (Hem., Aphididae)*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 22: 109-118.
23. Stroyan H.L.G., 1953 - *Records of Cambridgeshire Aphididae: II*. - Entomologist, 86: 126-128.
24. Stroyan H.L.G., 1954 - *A new subgenus and species of* Myzus *Passerini, 1860 (Hem., Aphididae*). - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 23: 10-16.
25. Stroyan H.L.G., 1954 - *A prey record for* Chrysopa albolineata *Killington (Neuroptera, Chrysopidae)*. - Entomologist, 87: 147.
26. Stroyan H.L.G., 1954 - *Notes on the early stages of* Rhopalus parumpunctatus *Schill. (Heteroptera: Coreidae)*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (A), 29: 32-38 + 1 pl.
27. Stroyan H.L.G., 1955 - *Recent additions to the British aphid fauna. Part II*. - Trans. R. ent. Soc. Lond. - 106: 283-339 + 3 pls.
28. Stroyan H.L.G., 1955 - Macrosiphum gei *on Caryophyllaceae*. - Pl. Path., 4: 110.
29. Stroyan H.L.G., 1956 - *The red-gall* Sappaphis *species on apple*. - Pl. Path., 5: 93.
30. Stroyan H.L.G., 1956 - *More Merioneth aphid records*. Entomologist, 89: 302-303.
31. Stroyan H.L.G., 1957 - *A Revision of the British Species of* Sappaphis *Matsumura. Part I. Introduction and Subgenus* Sappaphis *sensu stricto.* - Her Majesty's Stat. Office, London, 59 pp.
32. Stroyan H.L.G., 1957 - *Further additions to the British aphid fauna*. - Trans. R. ent. Soc. Lond., 109:311-339 + 3 pls.

33. STROYAN H.L.G., 1957 - *A note on some aphid material of J.O. Westwood*. - Entomologist's mon. Mag., 92: 381-382.
34. STROYAN H.L.G., 1958 - *A contribution to the taxonomy of some British species of* Sappaphis *Matsumura 1918 (Homoptera, Aphidoidea)*. - J. Linn. Soc. (Zool.), 43: 644-713.
35. STROYAN H.L.G., 1959 - *Aphids in Wales*. - Nature Wales, 5(2): 781-784.
36. HILLE RIS LAMBERS D., STROYAN H.L.G., 1959 - *Two new species and a new subspecies of aphid from Italy (Homopt., Aphididae).* - Memorie Soc. ent. ital., 38: 84-94.
37. KENNEDY J.S., STROYAN H.L.G., 1959 - *Biology of aphids*. Annu. Rev. Entomol., 4: 139-160.
38. STROYAN H.L.G., 1960 - *Three new subspecies of aphids from Iceland (Hem., Hom.).* -Ent. Meddr, 29: 250-265.
39. STROYAN H.L.G., 1960 - *The typus generis of* Dysaphis *Börner, 1931 (Homoptera, Aphididae).* - Mitt. schweiz. ent. Ges., 33: 97-100.
40. STROYAN H.L.G., 1960 - *A new species of* Dysaphis *Börner (Hom. Aphidoidea) from Sweden*. - Ent. Tidskr., 81: 117-122.
41. HILLE RIS LAMBERS D., STROYAN H.L.G., 1960 - Euceraphis *Walker, 1870 (Insecta, Hemiptera); Designation of a type-species under the plenary powers. Z.N. (S.) 1363*. - Bull. zool. Nom., 18: 83-84.
42. PRIOR R.N.B., STROYAN H.L.G., 1960 - *On a new collection of aphids from Iceland*. - Ent. Meddr, 29: 266-293.
43. STROYAN H.L.G., 1961 - *Comments on the proposal to suppress* Doralis *Leach, 1827 (Insecta, Hemiptera). Z.N. (S.) 583*. - Bull. zool. Nom., 18: 311.
44. STROYAN H.L.G., 1961 - *Identification of aphids living on Citrus*. - FAO Plant Protect. Bull., 9: 45-65.
45. STROYAN H.L.G., 1961 - *La identificacion de los afididos que viven sobre Citrus*. - Boln Patol. veg. Ent. agric., 25: 71-100.
46. STROYAN H.L.G., 1961 - *La identificacion de los afididos que viven sobre Citrus*. - Min. Agr. Inst. Nac. Invest. Agron. Estac. Fitopatol. Agr. Madrid (Ser. Fitopatol.), 328: 1-30.
47. STROYAN H.L.G., 1963 - *Notes on the species of* Aspidaphium *Börner, 1939 (Homoptera: Aphididae)*. - Beitr. Ent., 13: 81-88.
48. STROYAN H.L.G., 1963 - *A Revision of the British Species of* Dysaphis *Börner (*Sappaphis *Auct. nec Mats.). Part II. The Subgenus* Dysaphis *sensu stricto*. - Her Majesty's Sta. Office, London, 119 pp.
49. STROYAN H.L.G., 1963 - *A new species of* Dysaphis *Börner from Pakistan (Homoptera: Aphididae).* - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 32: 12-14.
50. STROYAN H.L.G., 1963 - *A new genus and species of Eriosomatinae (Homoptera: Aphidoidea) from the North-West Himalayas*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 32: 81-85.
51. STROYAN H.L.G., 1964 - *A note on two* Aconitum *aphids from Yugoslavia*. - Entomologist, 97: 129-130.
52. STROYAN H.L.G., 1964 - *Notes on hitherto unrecorded or overlooked British aphid species*. - Trans. R. ent. Soc. Lond., 116: 29-72.
53. PRIOR R.N.B., STROYAN H.L.G., 1964 - *A new subspecies of* Acyrthosiphon malvae *(Mosley) (Homoptera: Aphidoidea) from* Poterium sanguisorba *L.* - Proc. R. ent. Soc. Lond., (B) 33: 47-49.
54. STROYAN H.L.G., NAGAICH B.B., 1964 - *A new subspecies of* Acyrthosiphon *Mordvilko, 1914 (Homoptera: Aphidoidea) from* Rubus ellipticus *in North India*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 33: 59-62.
55. STROYAN H.L.G., 1964 - *Notes on some British species of* Pemphigus *Hartig (Homoptera: Aphidoidea) forming galls on Poplar, with the description of a new species*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 33: 92-100 + 1 pl.
56. STROYAN H.L.G., 1964 - *A new species of* Protrama *Baker (Aphidoidea, Traminae) from North Western India*. Indian J. Ent., 26: 211-214.
57. STROYAN H.L.G., 1964 - *Aphidoidea (excepting Adelgidae and Phylloxeridae): 67-86. In:* KLOET G.S., HINCKS W.D., *A Check List of British Insects (2nd edit.). Part 1: Small Orders and Hemiptera*. - Handbk Ident. Br. Insects. XI. Royal Entomological Society, London, XV+119 pp.
58. STROYAN H.L.G., 1965 - *A new species of aphid from May-lily in Northern Italy*. - Boll. Soc. ent. ital., 95: 67-73.
59. STROYAN H.L.G., 1965 - *Index to A Revision of the British Species of* Sappaphis *Matsumura: Part I. Introduction and Subgenus* Sappaphis *sensu stricto and A Revision of the British Species of* Dysaphis *Börner (*Sappaphis A*uct. nec Mats.): Part II. The subgenus* Dysaphis *sensu stricto*. - Her Majesty's Stat. Office, London, 7 pp.
60. STROYAN H.L.G., 1966 - *Notes on aphid species new to the British fauna*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 35: 111-118.
61. STROYAN H.L.G., 1967 - *A replacement name in* Myzus *Passerini (Homoptera: Aphidoidea).* - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 36: 186.
62. STROYAN H.L.G., 1969 - Siphocoryne angelicae *Del Guercio, 1911 (Homoptera, Aphidoidea): Request for suppression under the plenary powers. Z.N. (S.) 1852*. - Bull. zool. Nom., 25: 174-175.
63. STROYAN H.L.G., 1969 - *Notes on some species of* Cavariella *Del Guercio, 1911 (Homoptera*: *Aphidoidea).* - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 38: 7-19.
64. STROYAN H.L.G., 1969 - *On a collection of aphids from Inverness-shire, with the description of a new species*. - Trans. Soc. Br. Ent., 18(10): 227-246.
65. STROYAN H.L.G., 1970 - *Three new aphid species from North America*. - Proc. R. ent. Soc. Lond. (B), 39: 153-162.
66. STROYAN H.L.G., 1970 - *A new species of* Dysaphis *Börner from Iran and Italy, and a new subspecies from Iran*. - Boll Zool. agr. Bachic., Ser. II, 10: 1-10.
67. STROYAN H.L.G., 1971 - Masonaphis lambersi *MacGill.: an introduced aphid pest of hybrid Rhododendrons*. - Pl. Path., 20: 196.
68. SMITH C.F. STROYAN H.L.G., 1972 - *The probable identity of* Prociphilus (Pulvius) probosceus *(Homoptera: Aphididae).* - Ann. ent. Soc. Amer., 65(4): 804-807.
69. STROYAN H.L.G., 1972 - *Additions and amendments to the check list of British aphids (Homoptera: Aphididae)*. - Trans. R. ent. Soc. Lond., 124(1): 37-79.
70. STROYAN H.L.G., 1973 - *A note on the biotope of* Cinara pinihabitans *(Mordvilko).* - Entomologist, 106: 215.
71. STROYAN H.L.G., 1973 - *A recently rediscovered collection of aphid slides made by Francis Walker*. - J. nat. Hist., 7: 557-559.
72. STROYAN H.L.G., 1975 - *The life cycle and generic position of* Aphis tremulae *L., 1761 (Aphidoidea*: *Pemphiginae), with a description of the viviparous morphs and a discussion of spruce root aphids in the British Isles*. - Biol. J. Linn. Soc., 7(1): 45-72.
73. HILLE RIS LAMBERS D. STROYAN H.L.G., 1975 - *Proposed use of the Plenary Powers to designate a type-species for the nominal genus* Chaitophorus *C. L. Koch, 1854, a genus based upon a misidentified type-species. Z.N. (S.) 1003*. - Bull. zool. Nom., 32(3): 141-142.
74. STROYAN L.G., WELCH R.C., 1975 - *Aphididae (Homoptera: Sternorhyncha) of Monks Wood*. - Annu. Report Huntingdonshire Fauna and Flora Soc., 27: 20-22.
75. STROYAN H.L.G., 1976 - *A supplement to the Scottish aphid fauna*. - Glasg. Nat., 19: 235-258.
76. STROYAN H.L.G., 1977 - *Homoptera Aphidoidea (part):*

Chaitophoridae & Callaphididae. Handbks Ident. Br. Insects. Vol. II, Part 4(a). - Royal Entomological Society, London, 130 pp.

77. PRIOR R.N.B., STROYAN H.L.G., 1977 - *A new species of* Aphis *from* Potentilla palustris, *with a discussion of related species.* - Syst. Ent., 2: 245:253.
78. STROYAN H.L.G., 1977 - Aphis nerii *B.d.F. on imported oleanders*. - Pl. Path., 26(3): 151.
79. BARBAGALLO S., STROYAN H.L.G., 1978 - *Rilievi preliminari sulla composizione dell'afidofauna siciliana* - Atti XI Congr. Naz. Ital. Ent., Portici-Sorrento (Napoli),Off. Graf. Napol. F. Giannini & Figli: 241-251.
80. STROYAN H.L.G., 1978 - *A note on two species of aphids described by Francis Walker (supplement to* E.G. HANCOCK, *another rediscovered collection of aphid slides made by Francis Walker)*. - Zool. J. Linn. Soc., 63: 300-303.
81. STROYAN H.L.G., 1978 - *A British record of the rice root aphid*. - Pl. Path., 27: 102.
82. BARBAGALLO S., STROYAN H.L.G., 1979 - *A new species of* Pterocomma *Buckton from Italy*. - Boll. Zool. agr. Bachic., Ser.II, 14: 17-24.
83. STROYAN H.L.G., 1979 - *Additions to the British aphid fauna (Homoptera: Aphidoidea)*. - Zool. J. Linn. Soc., 65: 1-54.
84. STROYAN H.L.G., 1979 - *An account of the alienicolous morphs of the aphid* Patchiella reaumuri *(Kaltenbach, 1843) (Homoptera: Aphidoidea).* - Zool. J. Linn. Soc., 67: 259-267.
85. STROYAN H.L.G., 1980 - Aphis callunae *Theobald, 1915: proposed conservation under the Plenary Powers. Z.N. (S.) 2283*. - Bull. zool. Nom., 37(3): 173-175.
86. STROYAN H.L.G., 1981 - *The leaf-curling almond aphid in Britain*. - Pl. Path., 29: 146-147.
87. STROYAN H.L.G., 1981 - *A North American lupin aphid found in Britain*. - Pl. Path., 30: 253.
88. STROYAN H.L.G., 1982 - *A new species of* Dysaphis *Börner from Nepal (Homoptera: Aphidoidea).* - Oriental Insects, 15: 321-326.
89. BARBAGALLO S., STROYAN H.L.G., 1982 - *Osservazioni biologiche, ecologiche e tassinomiche sull'afidofauna della Sicilia.* - Frustula ent., N.S., III (XVI),1980: 1-182.
90. STROYAN H.L.G., 1982 - *Revisionary notes on the genus* Metopolophium *Mordvilko, 1914, with keys to European species and descriptions of two new taxa (Homoptera: Aphidoidea).* - Zool. J. Linn. Soc., 75: 91-140.
91. STROYAN H.L.G., 1982 - *Aphid (definition).* - In: Encyclopedia of Science & Technology, McGrow-Hill Ed., New York, Edition 5: 634.
92. STROYAN H.L.G., 1983 - Myzus festucae *Theobald, 1917: proposed conservation under the Plenary Powers. Z.N. (S.) 2389*. - Bull. zool. Nom., 40(1): 53-55.
93. STROYAN H.L.G., 1983 - *A new synonymy in* Aphis *L. (Homoptera, Aphidoidea)* - Entomologist's mon. Mag., 119: 257.
94. WATSON A., STROYAN H.L.G., 1984 - *Unusual concentration of aphids at high altitudes in the Cairngorms*. - Entomologist's mon. Mag., 120: 145-149.
95. STROYAN H.L.G., 1984 - *Aphids-Pterocommatinae and Aphidinae (Aphidini).Homoptera Aphididae. Handbks Ident. Br. Insects. Vol. 2, Part 6*. - Royal Entomological Society, London, 232 pp.
96. STROYAN H.L.G.1984 - *Dick Hille Ris Lambers, 1909-1984*. - Antenna, 8(3): 127-129.
97. REMAUDIÈRE G., STROYAN H.L.G., 1984 - *Un Tamalia nouveau de Californie (USA). Discussion sur les Tamaliinae subfam. nov*. - Annls Soc. ent. Fr. (N.S.), 20(1): 93-103.
98. STROYAN H.L.G., 1985 - *Recent developments in the taxonomic study of the genus* Dysaphis *Börner*. - Proc. Int. Aphidol. Symp. at Jabłonna, 5-11 Apr. 1981, Ossolineum, Warsaw: 347-391.
99. STROYAN H.L.G., 1991 - *Some loose ends in the British aphid fauna (Homoptera, Aphidoidea).* - Entomologist, 110(1): 24-28.
100. STROYAN H.L.G, 1999 - *Tribulations of an aphid taxonomist*. - Atti Acc. Naz. Ital. Ent. -Rendiconti, XLVII: 89-100.

44 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 45-52

COMMEMORAZIONE

MARIA MATILDE PRINCIPI (1915-2017)

ROBERTO A. PANTALEONI [a]

[a] *Sezione di Entomologia, Dipartimento di Agraria, Università degli Studi, via Enrico De Nicola, 07100 Sassari SS, Italia.*
Email: pantaleo@uniss.it
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze 15 giugno 2019

Ho veramente ammirato la Professoressa Principi (e il suo meraviglioso lavoro) fin da quando studiavo entomologia all'Università (molti anni fa). È stato così incoraggiante vedere una donna compiere ciò che ha fatto lei nella ricerca e nell'insegnamento, ma anche nell'amministrazione, specialmente in quei giorni. (Catherine Toschi Tauber)

La vita di Maria Matilde Principi fu sempre improntata a tutelare ciò che amava e riteneva giusto con estrema lealtà, determinazione, coraggio ed anche una feroce disciplina verso se stessa. Credo che questo sia il motivo del fascino e della grande influenza che ella esercitò sull'entomologia italiana e, a livello mondiale, nell'ambito della sua specializzazione, i Neurotteri. (mihi)

Maria Matilde Principi alla sua scrivania nella storica sede dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" in via Filippo Re. Data presumibile 1985.

Maria Matilde Principi nacque a San Mariano di Corciano (Perugia), presso i nonni materni, il 4 maggio 1915, a venti giorni dell'entrata in guerra dell'Italia. Al conflitto prese parte il padre Paolo, e la madre Paolina Paoletti visse quel periodo con la figlia presso i propri genitori. Alla fine della guerra tutta la famiglia si trasferì a Genova dove Paolo Principi, geologo e geopedologo, divenne assistente di Arturo Issel. Nel 1928 rientrarono a Perugia, avendo il padre ottenuto la cattedra di geologia applicata e la direzione dell'Istituto di Pedologia presso quella Università. Nel frattempo era nata la piccola Grazia, sua amatissima sorella.

A Perugia Maria Matilde, che evidentemente aveva frequentato la scuola primaria a Genova, conseguì la maturità classica nel 1933, si iscrisse alla Facoltà di Agraria dell'Ateneo perugino e si laureò con lode nel 1937. Il relatore della sua tesi fu l'entomologo Carlo Fuschini e per argomento le fu affidato lo studio dei Neurotteri Crisopidi dell'Umbria. Fu quello tra Maria Matilde e i Crisopidi ("le mie crisope" come diceva lei) un incontro decisivo che avrà un'influenza straordinaria sull'attività scientifica della futura Professoressa Principi.

Ma la vera svolta avvenne l'anno successivo quando partecipò al concorso di una borsa di studio dell'allora Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste presso la Regia Stazione di Entomologia Agraria di Firenze (oggi sede di Firenze del Centro di Ricerca Difesa e Certificazione del CREA) e la vinse. Fatto sta che tra i commissari vi era il Professor Guido Grandi, che da qualche anno stava dirigendo con piglio sicuro e sempre più autorevolezza l'Istituto di Entomologia della giovane Facoltà di Agraria di Bologna. Egli dovette rimanere veramente impressionato dalla giovane Dottoressa visto che le propose, non sappiamo se autonomamente o su richiesta della stessa, di andare

– Pubblicato marzo 2020

a specializzarsi a Bologna rinunciando alla borsa. Da quanto raccontava lei stessa, di fronte a questa alternativa non ebbe dubbi, volse in un certo modo le spalle al Direttore di Firenze, il Professor Antonio Melis (che sembra non la prese benissimo), rinunciò alle prospettive di una rapida e sicura sistemazione ed affrontò, giovane donna sola, i problemi e i disagi della vita in una città sconosciuta, senza soverchi mezzi finanziari, in un periodo certo non felice per il mondo intero.

La specializzanda Maria Matilde Principi si immerse nelle ricerche. Il Professor Grandi, come di consuetudine nella sua Scuola, affidò all'allieva un gruppo tassonomico, in questo caso ovviamente l'ordine dei Neurotteri, sul quale avrebbe potuto e dovuto effettuare studi relativi a qualunque aspetto, producendo soprattutto poderose memorie monografiche – le cosiddette "biografie" della Scuola di Silvestri, che fu uno dei maestri del Grandi – in cui una o poche specie vicine venivano tratteggiate a tutto tondo affrontandone morfologia, biologia, ecologia. La Professoressa Principi parlava di quel periodo come di un momento duro, difficile, ma anche di ricerche entusiasmanti, fatte con pazienza e passione, tanta passione da farle sognare la notte i soggetti dei suoi studi, e da farle dimenticare le ombre cupe della II Guerra Mondiale.

Cominciò nel 1940 a pubblicare i suoi "Contributi allo studio dei Neurotteri italiani" con ricerche sui Crisopidi e sui Mirmeleontidi. Nonostante si trattasse di specie comuni, oggi quasi banali, vennero trattate con una tale cura di dettagli, una così inusuale mole di informazioni e accompagnate da un apparato iconografico così raffinato da attirare immediatamente l'attenzione degli specialisti dell'ordine. Risale agli anni della guerra anche una delle sue scoperte più importanti, la simbiosi antagonistica tra il Crisopide *Italochrysa italica* e la formica *Crematogaster scutellaris*.

Come fu diverso l'impegno diligente, ma un po' disinteressato, delle coeve ricerche sulle altiche del lino. Maria Matilde Principi dimostrava già da allora un grande senso del dovere, ma anche una grande concretezza. Come confesserà candidamente molti anni dopo, fu un impegno che le pesava per il tempo sottratto ai suoi studi prediletti, ma andava fatto, e nel miglior modo possibile, per l'Istituto e anche per la carriera che allora richiedeva agli entomologi di affrontare più argomenti e pubblicare su più ordini di insetti.

La guerra passò, l'Istituto di Entomologia di Bologna la superò senza soverchi danni, e l'attività riprese. Nel frattempo, dal 1942, la famiglia si era trasferita a Firenze, essendo il padre divenuto titolare della cattedra di mineralogia e geologia dell'Università di quella città, rendendo più facili e frequenti i contatti reciproci. In questo contesto così favorevole, anche psicologicamente, la produzione scientifica e la carriera di Maria Matilde Principi progredirono rapidamente.

Nel 1948 divenne Assistente, nel 1951 ottenne la libera docenza e subito dopo venne nominata Aiuto, nel 1958, a 43 anni, vincitrice di concorso, venne chiamata a ricoprire la cattedra del Maestro, lasciata libera per raggiunti limiti di età, per cui subentrò a Guido Grandi nella direzione dell'Istituto di Entomologia.

Nell'immediato secondo dopoguerra la neurotterologia mondiale viveva un momento di sbandamento, era ancora attivo qualche importante studioso a fine carriera in Nord America e in Gran Bretagna, in Svezia era in piena attività Bo Tjeder, ma ben poco altro. Un panorama rischiarato soprattutto da una giovane Maria Matilde Principi che continuò a pubblicare i suoi "Contributi" molti dei quali destinati a divenire, e a essere ancora oggi, pietre miliari. Nel 1946 apparve il lavoro "esteso" su *Italochrysa italica* (del quale era stata anticipata una breve nota nel 1943), nel 1947 sia quello su *Chrysopa formosa* che quello sul Mirmeleontide *Synclisis baetica*, nel 1948 fu la volta dei parassitoidi di Crisopidi e nel 1949 dello studio sugli apparati genitali dei Crisopidi, ancora fondamentale per chi voglia affrontare questo specifico argomento.

Una produzione così ricca e concentrata si basava sulle ricerche eseguite, nonostante tutto, durante il periodo bellico e sulle rinnovate energie dedicate alla ricerca in anni ricchi di speranze e prospettive. Ma le soddisfazioni scientifiche non intaccarono lo spirito concreto della giovane assistente universitaria. Si era ormai votata ad una professione che considerava entusiasmante, aveva la fortuna di avere come maestro un grande entomologo, considerò proprio dovere perseguire tutte quelle condizioni che le avrebbero permesso di lavorare al meglio. Così, quasi in contemporanea con la libera docenza e la nomina ad Aiuto, riprende anche l'impegno verso studi ed attività più istituzionali come la collaborazione col neonato *Informatore fitopatologico*, gli articoli divulgativi, gli studi del Lepidottero Gracillaride fillominatore *Phyllonorycter platani* (ben poco amato) e del Dittero Cecidomide galligeno *Putoniella pruni* (che invece la interessò non poco). Ma Maria Matilde Principi si fece anche parte attiva per seguire quelle relazioni amministrative e pubbliche che, a suo dire, il Direttore Guido Grandi trascurava, senza citare i rapporti personali non sempre semplici che una donna, apparentemente fragile, doveva intrattenere con i colleghi maschi.

Il periodo come Aiuto non fu caratterizzato solo da maggiori impegni istituzionali, ma anche da una nuova fase dell'attività neurotterologica. Il numero dei contributi monografici si diradò, nel 1954 apparve quello su *Chrysopa viridana* e nel 1956 il mastodontico, insuperato, "Studio morfologico, etologico e sistematico di un gruppo omogeneo di specie", oggi nel genere *Pseudomallada*, allora ancora in *Chrysopa*. Contem-

poraneamente però, cominciò a pubblicare contributi più mirati a singoli aspetti, andando sempre a cogliere ed aprire problemi innovativi: strutture glandolari dei maschi di Crisopidi (1954), biologia di *Hypochrysa elegans* (1956), valore dei caratteri morfologici, cromatici ed eto-ecologici nella discriminazione specifica nei Crisopidi (pubblicato nel 1962 ma maturato nel periodo considerato). Peccato che la collocazione editoriale di questi ultimi fosse certamente prestigiosa ma con scarsa diffusione e di difficile reperimento, per non dire dell'uso della lingua italiana. L'abitudine in auge allora di scambiarsi gli estratti tra studiosi dello stesso settore permise comunque alla Professoressa Principi di far conoscere le proprie ricerche.

Risalgono allo stesso periodo, coincidente più o meno con gli anni '50 del secolo scorso, i pochi studi dedicati alla tassonomia dei Neurotteri. All'epoca i Neurotteri erano uno dei gruppi entomologici più ostici, i primi trent'anni del XX secolo erano stati dominati dalla figura del gesuita spagnolo Longino Navás, prolifico studioso dal genio disordinato che rese praticamente impossibile l'identificazione di questi insetti. La situazione era stata mitigata da Frederick James Killington che affrontando la povera fauna britannica riuscì a mettervi un po' d'ordine, ma bastava spostarsi un poco a sud, in area mediterranea per tornare nell'indeterminatezza. In realtà Maria Matilde Principi non fu mai una vera tassonoma, non aveva alcuna competenza di nomenclatura, descrisse solo una nuova specie (di cui parleremo oltre) e creò un nome nuovo per il genere *Italochrysa* sino ad allora mal interpretato. Però da un lato cominciò, nelle sue monografie, a districare le specie di Crisopidi con un metodo modernissimo, affiancando ai tradizionali caratteri discriminanti la morfologia larvale e la nicchia ecologica delle specie vicine, dall'altro, sfruttando le competenze acquisite nello studio funzionale degli apparati genitali dei Crisopidi, poté studiarli anche dal punto di vista tassonomico producendo illustrazioni di estrema qualità, come per altro consuetudine nella Scuola di Guido Grandi.

L'approccio riguardante la morfologia dei genitali ebbe particolare rilievo, e immediata rilevanza internazionale, nello studio dei Rafidiotteri (allora considerati sottordine dei Neurotteri). Le illustrazioni pubblicate da Maria Matilde Principi furono le prime a mostrare un tale dettaglio e divennero un riferimento obbligatorio per tutti. Il gruppo, assai poco studiato, fornì anche alla Professoressa la possibilità di descrivere una nuova specie, endemica dell'Italia meridionale, dedicandola al proprio maestro, oggi denominata *Phaeostigma grandii* (Principi, 1960). Horst e Ulrike Aspöck e Hubert Rausch, hanno dedicato la loro monumentale revisione mondiale dei Rafidiotteri (*Die Raphidiopteren der Erde*), pubblicata nel 1991, a due autori del XIX secolo e a Maria Matilde Principi, dimostrando che influenza ella ebbe su questi studi.

Con una posizione preminente nel proprio principale campo di ricerca – molti anni dopo, nel 2014, la di poco più giovane Catherine Toschi in Tauber, grande ricercatrice e neurotterologa, ebbe a scrivere riguardo le ricerche sulla morfologia larvale nei Crisopidi "*during the 1940s and 1950s, the work of Professor Maria Matilde Principi set the "gold standard" in morphological detail, clarity, and esthetics*" – la Professoressa raggiunse, come già ricordato, la cattedra e la direzione dell'Istituto di Entomologia di Bologna nel 1958. *Hoc erat in votis*, e tutte le responsabilità e gli oneri della carica non la fecero certo vacillare. Come sempre mostrò grande spirito di sacrificio, abbandonando, per affrontare i nuovi impegni, l'attività a cui era più legata, le sue ricerche neurotterologiche. Queste subirono infatti una drastica battuta di arresto e per svariati anni si limitò a pubblicare i risultati di studi svolti precedentemente.

A fianco di Maria Matilde Principi, direttrice, rimase Guido Grandi, divenuto Professore Emerito, presenza senza dubbio rassicurante, ma anche abbastanza ingombrante. Poi vi erano gli allievi ereditati dal maestro, che ben presto diventarono suoi giovani colleghi, i propri allievi, e non meno importanti gli allievi più anziani del Professor Grandi, ormai divenuti importanti colleghi con importanti incarichi in molte sedi universitarie principalmente del Nord Italia, che ancora facevano riferimento a Bologna come sede "madre". Ma la Professoressa seppe essere uno straordinario punto di equilibrio interno e resse la direzione per ben trent'anni, sino al 1989.

Ma anche altri e pressanti impegni dovevano essere assolti, quelli didattici in primo luogo, e poi quelli amministrativi, accademici, di coordinamento delle attività scientifiche. Maria Matilde Principi non tardò molto a comprendere la necessità di far entrare l'Istituto in un filone di ricerche agrarie moderne e di utilità sociale. Creò quindi le condizioni per lanciare un ambizioso progetto di lotta integrata che si andrà a concretizzare, dopo un decennio di ricerche finalizzate, nel 1973 tramite una convenzione con la Regione Emilia Romagna e che troverà sviluppo ed espansione sino a tempi recenti, divenendo un invidiabile esempio di gestione integrata promossa dagli organi di governo locale ed indirizzata dal mondo scientifico. La Professoressa pubblicherà nel 1993 un dettagliato resoconto di questa attività di cui fu protagonista senza mai, come sua abitudine, troppo apparire. I risultati non furono solo la diminuzione del numero dei trattamenti insetticidi sulle coltivazioni frutticole (ad inizio degli anni '60 del secolo scorso raggiungevano la ventina per stagione produttiva), la diffusione del metodo di lotta integrata nel tessuto agricolo regionale tanto da divenire pratica abitudinaria per gran parte degli agri-

coltori, l'organizzazione di un sistema di assistenza tecnica invidiabile. Come risultato collaterale, ma certamente non meno importante, vi fu la formazione di un'intera generazione di entomologi agrari di alto livello divenuta punto di riferimento per tutti i giovani ricercatori che li succedettero. Maria Matilde Principi li elenca nel suo resoconto in ordine alfabetico, pare opportuno ricordarli qui: Piero Baronio, Giovanni Briolini, Franco Caporale, Pier Luigi Castellari, Giorgio Celli, Pierino Giunchi, Edison Pasqualini, Maurizio Setti, Alberto Ugolini.

I Neurotteri però non tarderanno a rientrare tra le sue attività. Sfruttando le potenzialità possedute dalle Crisope per un loro utilizzo in interventi di lotta biologica, Maria Matilde Principi iniziò a dedicarsi al loro allevamento in laboratorio e si imbatté subito nel problema della regolazione fotoperiodica della diapausa in numerose specie. L'argomento poteva essere affrontato con ritmi confacenti ai suoi molti impegni purché vi fosse l'ausilio di un collaboratore che ne seguisse l'allevamento sperimentale. Dal 1970 apparvero una decina di lavori sulla diapausa nei Crisopidi, dei quali solo uno, di *review*, fu pubblicato col suo solo nome, in tutti i rimanenti risultarono coautori i collaboratori: Pier Luigi Castellari, Paolo Piazzi, Edison Pasqualini, Maura Memmi, Donatella Sgobba, Giovanni Ricci. Sull'utilizzo di questi insetti in lotta biologica scrisse inoltre alcuni capitoli di libro col collega francese Michel Canard ed una *review* (1984).

Nel 1970 morì il venerato maestro Guido Grandi, il progetto di lotta integrata, come già ricordato, venne supportato dalla Regione Emilia Romagna dal 1973 e sostanzialmente passato ai giovani colleghi da lei stessa formati, il corso di Entomologia venne sdoppiato e condiviso col Professor Egidio Mellini. Maria Matilde Principi liberò quindi energie sufficienti per coprire, per periodi più o meno lunghi, altre responsabilità a favore del proprio Istituto, fu così Direttrice del "*Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna*" (oggi *Bulletin of Insectology*), poi della Scuola di specializzazione in Fitopatologia attiva presso la Facoltà di Agraria del suo ateneo, fondò infine e coordinò fino alla pensione il corso di Dottorato di Ricerca in Entomologia agraria realizzato consorziando le Università di Bologna, Torino, Milano Statale, Piacenza SS Cuore e Padova. Di quest'ultima realizzazione fu oltremodo orgogliosa. Nei primi cicli vi fu la regola che tutti i dottorandi frequentassero per una settimana all'anno (più o meno) tutti gli Istituti convenzionati, dei *clerici vagantes* che poterono condividere non solo le lezioni *ex cathedra* dei docenti incaricati, ma anche la vita stessa degli istituti. Fu un'esperienza formativa indimenticabile per tutti coloro che l'hanno vissuta.

Rimaneva ben poco tempo da dedicare alle ricerche di base sui Neurotteri, lo trovava durante le vacanze che trascorreva da circa metà luglio ad inizio settembre in quel di Quercianella, presso Livorno, dove la famiglia ormai ridotta, dopo la morte del padre nel 1963, alla madre e alla sorella Grazia aveva un appartamento e dove si riunivano tutte le estati. Pubblicò così nel 1977 una proposta di discriminazione generica dell'allora omnicomprensivo genere *Chrysopa*, discussa non solo, come limitativamente afferma il titolo, sulla base della morfologia addominale, ma anche di quella larvale e delle caratteristiche bio-ecologiche (ciclo vitale, diapausa, habitat). Uno tra i migliori lavori neurotterologici del secolo scorso. Meritano di essere ricordati ancora un lavoro (1979) su un Braconide parassitoide di adulti di Crisopidi da lei scoperto in gioventù, ed uno sulla morfologia degli spermatofori, sempre nei Crisopidi (1986). Ma ebbe anche la curiosità di affrontare, a dire il vero senza troppo successo, l'applicazione delle prime tecniche genetiche (col sistema gene-enzima) alla tassonomia dei Crisopidi in collaborazione col Professor Bullini di Roma. Troppo distanti risultarono purtroppo i ritmi e troppo diverse le consuetudini tra i due gruppi di lavoro per andare oltre la produzione di alcuni interventi in congressi (1983-1984).

Sul finire degli anni '70 del secolo scorso, la Professoressa ricominciò anche ad assegnare tesi sui Neurotteri delle colture agrarie o di aree naturali, con l'intento di caratterizzare le loro biocenosi in diverse condizioni ambientali. Era infatti attesa l'uscita, avvenuta nel 1980, di *Neuropteren Europas* una sinossi redatta da Horst e Ulrike Aspöck e Herbert Hölzel che, riccamente illustrata e con chiavi dicotomiche aggiornate, avrebbe permesso l'identificazione dei Neurotteri europei con una certa affidabilità. Veniva così garantita in tempi ragionevoli la determinazione degli esemplari raccolti permettendo di affrontare anche lavori ecologici. Chi scrive ebbe in sorte di vedersi assegnato lo studio dei Neurotteri del Delta del Po, di rinvenire una fauna varia e interessante e di mostrare un certo "occhio" tassonomico, oltre che una vera passione. La Professoressa, che fino ad allora aveva riservato per sé lo studio dei Neurotteri, decise così di incoraggiarmi nello studio, mise a mia completa disposizione la sua esperienza, i suoi contatti internazionali, la sua biblioteca personale e la sua collezione. Per oltre un decennio studiai via via i Neurotteri presenti negli agroecosistemi, nelle residue aree naturali di pianura e sui contrafforti appenninici della Pianura Padana sud-orientale. Ricerche che la Professoressa mi fece fare in autonomia, ma che godevano del suo impagabile supporto. Speravamo entrambi di poter collaborare ancora per molti anni, cominciando anche a pubblicare insieme, ma purtroppo le cose non andarono così, ed insieme producemmo solo il capitolo sui Neurotteri della Checklist delle specie animali italiane.

Nel 1990 a 75 anni la Professoressa andò in pensione ancora perfettamente in grado di dare un contributo

alla neurotterologia, ma nello stesso anno sua sorella Grazia, ormai sola dopo la recente morte della madre, fu colpita da un ictus cerebrale con grave emiparesi sinistra. Da quel momento le due sorelle vissero insieme a Bologna e Maria Matilde Principi, pur più anziana, garantì continua presenza ed assistenza a Grazia. Come la stessa Professoressa dirà in occasione dei festeggiamenti per il suo novantesimo compleanno, la sua vita così cambiò completamente e non ebbe più la tranquillità ed il tempo necessari per svolgere qualsiasi attività di ricerca. Dopo quella data apparvero solo alcuni lavori preparati in precedenza e poche pagine riguardanti una biografia del Professor Grandi, un ricordo di Marta Grandi, una recensione ed il saluto di apertura al IX Simposio Internazionale di Neurotterologia. Divenne comunque Professore Emerito dell'Alma Mater Studiorum.

La sorella Grazia morì, dopo vent'anni di sofferenze e continui peggioramenti, il 1° ottobre 2011. La Professoressa Principi, ancora in buona salute considerando l'età, stava perdendo sempre più la vista. Mantenne una invidiabile lucidità di mente sino a pochi mesi prima del decesso avvenuto il 10 settembre 2017, all'età di 102 anni.

Elenco delle pubblicazionidella Professoressa Maria Matilde Principi

1. M.M.P., 1937. - Contributo allo studio dei Crisopidi più frequenti nell'Umbria. – *Note ed Appunti Sperimentali di Entomologia Agraria*, Perugia, **3**: 3-41.
2. M.M.P., 1940. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. I. *Chrysopa septempunctata* Wesm. e *Chrysopa flavifrons* Brauer. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della R. Università di Bologna*, **12**: 63-144.
3. M.M.P., 1941. - Le Altiche dannose al lino nelle Marche. – *Giornale di Agricoltura della domenica*, **45**: estratto di 5 pp.
4. M.M.P., 1942. - Studio sull'*Aphtona euphorbiae* Schrank e sul *Longitarsus parvulus* Payk. (Coleoptera Chrysomelidae). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della R. Università di Bologna*, **13**: 72-105.
5. M.M.P., 1942. - Esperimenti di lotta artificiale contro gli Alticidi "Aphtona euphorbiae„ Schrank e "Longitarsus parvulus„ Payk. dannosi al Lino. - *R. Osservatorio Fitopatologico, Bologna, Note tecniche*, **6**: 1-11.
6. M.M.P., 1942. - Le Altiche del Lino (*Aphtona euphorbiae* Schrank e *Longitarsus parvulus* Payk.). - *R. Osservatorio Fitopatologico, Bologna, Circolare*, **7**: 1-8.
7. M.M.P., 1943. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. II. *Myrmeleon inconspicuus* Ramb. ed *Euroleon nostras* Fourcroy. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della R. Università di Bologna*, **14**: 131-192.
8. M.M.P., 1943. - La *Nothochrysa italica* Rossi ed i suoi singolari costumi (Neuroptera - Chrysopidae). – *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, **75**(9-10): 117-118.
9. M.M.P., 1946. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. IV. *Nothochrysa italica* Rossi. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **15**: 85-102.
10. M.M.P., 1947. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. V. Ricerche su *Chrysopa formosa* Brauer e su alcuni suoi parassiti. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **16**: 134-175.
11. M.M.P., 1947. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. VI. *Synclisis baetica* Ramb. (Myrmeleonidae - Acanthaclisini). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **16**: 234-253.
12. Minos Martelli, M.M.P., 1947. - Indice commentato degli argomenti di Entomologia generale trattati dal Chiar.mo Prof. Guido Grandi nel corso delle lezioni tenute nell'anno accademico 1946-47 all'Università di Bologna. - *Tipografia Moderna*, *Castrocaro (Forlì)*, 1947, 63 pp.
13. M.M.P., 1948. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. VII. Osservazioni su alcuni parassiti di Crisopidi. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **17**: 93-121.
14. M.M.P., 1948. - Gli Insetti più comunemente dannosi alle Papilionacee (Leguminose) foraggere. - *R. Osservatorio Fitopatologico, Bologna, Circolare*, **8**: 1-12.
15. M.M.P., 1949. - Considerazioni di Entomologia economica che possono interessare i Bieticoltori. - *Discorso tenuto il 22 maggio 1949 all'Università di Ferrara nel ciclo di conferenze indette sotto l'egida della Fondazione "Serafino Cevasco". - S.A.T.E.*, *Ferrara*, 1949, estratto di 13 pp.
16. M.M.P., 1949. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. VIII. Morfologia, anatomia e funzionamento degli apparati genitali nel gen. *Chrysopa* Leach (*Chrysopa septempunctata* Wesm. e *C. formosa* Brauer). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **17**: 316-362.
17. M.M.P., 1950. - Gli Insetti della "biocenosi" della Canapa. - *La Canapa*, **3**: estratto di 4 pp.
18. M.M.P., 1951. - Che cosa è un Insetto. - *Informatore Fitopatologico*, **1**(1-2): 3-7.
19. M.M.P., 1951. - Come si nutrono gli Insetti. - *Informatore Fitopatologico*, **1**(5): 3-5.
20. M.M.P., 1952. - I trattamenti chimici contro gli insetti. - *Informatore Fitopatologico*, **2**(6): 44-46.
21. M.M.P., 1952. - Ricerche zoologiche sul Massiccio del Pollino (Lucania-Calabria). VI. Neurotteri. – *Annuario dell'Istituto e Museo di Zoologia della Università di Napoli*, **4**(10): 1-22.
22. M.M.P., 1952. – [Recensione di:] Hering E. Martin. - Biology of the Leaf Miners. - Junk, 1951, 420 pp., 179 figg., 2 tavv. (di cui una a colori) – *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, **82**(1-2): 15-16.
23. M.M.P., 1953. – Note stagionali di entomologia agraria. La Mosca delle ciliegie ed i mezzi per combatterla. – *Giornale di Agricoltura*, **63**(25): 197.
24. M.M.P., 1953. - Sviluppo postembrionale ed etologia della "Lithocolletis platani" Stgr. ("Lepidoptera Gracilariidae"). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **19**: 171-250.
25. M.M.P., 1954. - Singolari strutture glandolari nel torace e nell'addome dei maschi di alcune specie di Neurotteri Crisopidi. - *Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali*, serie VIII, 16(5): 678-685.
26. M.M.P., 1954. - I Formicaleoni. - *Natura e Montagna*, **1**(2-3): 41-43.
27. M.M.P., 1954. – Neuroptera. – In: E. Zavattari e coll. – Biogeografia dell'Isola di Zannone (Arcipelago Pontino). – *Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei XL*, Serie IV, **4-5**: 108.
28. M.M.P., 1954. - Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. IX. *Chrysopa viridana* Schn. - *Bollettino dell'Istituto*

di Entomologia della Università di Bologna, **20**: 359-376.
29. M.M.P., [1955]. - Le specie di Insetti più esiziali per le coltivazioni della Canapa (Lezione al corso di perfezionamento per tecnici agricoli tenuto a Bologna ed a Napoli nell'anno accademico 1954-55). - *Associazione Produttori Canapa*, Bologna - Napoli, 9 pp.
30. M.M.P., 1956. - I Cecidomiidi ed i loro rapporti con gli alberi da frutto. - *Frutticoltura*, **18**(4): 333-340.
31. M.M.P., 1956. – Campagna di ricerche dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna nella «Foresta Umbra» (Gargano). IV. Reperti etologici su di un raro Neurottero Crisopide, l'*Hypochrysa nobilis* Schneider. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche*, *Rendiconti*, Serie XI, **3**: 152-154.
32. M.M.P., 1956. - Comportamenti e ciclo biologico di un Dittero Cecidomiide, la *Putoniella marsupialis* F. Lw.. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche*, *Rendiconti*, Serie XI, **3**: 155-158.
33. M.M.P., 1956. - Contributi allo studio dei NEUROTTERI italiani. XIII. Studio morfologico, etologico e sistematico di un gruppo omogeneo di specie del Gen. *Chrysopa* Leach (*C. flavifrons* Brauer, *prasina* Burm. e *clathrata* Schn.). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **21**: 319-410.
34. M.M.P., 1957. - Problemi della lotta chimica contro i fitofagi dannosi alle coltivazioni. - *Informatore Fitopatologico*, **7**(12): 194-198.
35. M.M.P., 1957. - Come gli Scolitidi possono danneggiare le piante. - *Informatore Fitopatologico.*, **7**(14): 230-232.
36. M.M.P., 1957. – [Recensione di:] Hering E. M. - Bestimmungs-tabellen der Blattminen von Europa, einschliesslich des Mittelmeerbeckens und der Kanarischen Inseln - Band. I: Pflanzengattungen A-L (648 pp.); Band. II: Pflanzengattungen M-Z (in corso di stampa); Band. III: Neubeschreibungen von Minen-Erzeugern - Systematische Ubersicht der Wirstpflanzen und der Minen-Erzeuger - Abbildungen (221 pp., 725 figg.). - W. Junk, 'S. Gravenhage. (I e III voll.) 1957". – *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, **87**(9-10): 161-162.
37. M.M.P., 1958. - Lotta chimica e microfauna del suolo. - *Informatore Fitopatologico*, **8**(8): 132-134.
38. M.M.P., 1958. - Ricerche di morfologia e di etologia su di un Dittero Cecidomiide galligeno, la *Putoniella marsupialis* F. Loew, vivente su piante del gen. *Prunus*. Primi risultati. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **23**: 35-68.
39. M.M.P., 1958. - Problemi fitosanitari della frutticoltura con particolare riguardo agli Artropodi. - *Frutticoltura*, **20**(4): 329-337.
40. M.M.P., 1958. - La selettività negli insetticidi sistemici. Ripercussioni dei trattamenti con «Systox» e «Metasystox» sugli Insetti utili. - *Frutticoltura*, **20**(4): 385-390.
41. M.M.P., 1958. - Neurotteri dei Monti Sibillini (Appennino umbro-marchigiano). – *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona*, **6**: 175-189.
42. M.M.P., 1958. - Il volo degli Ascalafidi. - *Natura e Montagna*, **5**(2-3): 51-53.
43. M.M.P., 1960. - I comportamenti di transizione nei fenomeni di parassitismo e di predatorismo fra gli Insetti. - *Atti della Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti*, **7**: 19-25.
44. M.M.P., 1960. - Le metamorfosi degli Insetti ed i loro stadi postembrionali. - *Atti della Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti*, **7**: 36-50.
45. M.M.P., Egidio Mellini, 1960. - I mezzi di lotta contro gli insetti nocivi. Dalle lezioni tenute nell'Anno Accademico 1958-59 dalla Prof. Maria M. Principi raccolte a cura del Prof. Egidio Mellini. - *Casa Editrice Prof. Riccardo Pàtron*, *Bologna*, 154 pp.
46. M.M.P., 1960. - I "minatori" delle foglie. - *Natura e Montagna*, **7**: 12-17.
47. M.M.P., 1960. - I nemici animali del Susino ed i mezzi per combatterli. – In: "*La coltura del Susino*", numero speciale della "*Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana*", **85**(44): 123-145.
48. M.M.P., 1960. – NEUROPTERA CHRYSOPIDAE. – In: E. Zavattari e coll. – Biogeografia delle Isole Pelagie. Fauna: Invertebrati. – *Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei XL*, Serie IV, **11**: 341.
49. M.M.P., 1960. - Contributi allo studio dei NEUROTTERI italiani. XV. Descrizione di una nuova specie di *Raphidia* Linn., *R. grandii*, (NEUROPTERA - RAPHIDIIDAE) e considerazioni generali sulla morfologia degli ultimi uriti dei Neurotteri. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **24**: 325-337.
50. M.M.P., 1961. - Su alcune modalità di paralizzazione delle vittime, proprie di insetti parassiti. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, serie XI, **8**: 28-33.
51. M.M.P., 1961. - Gli insetti più dannosi alle colture ortive da seme e gli indirizzi da seguire per il loro controllo. – In: *"Il miglioramento genetico degli Ortaggi",* Centro di studio del Consiglio Nazionale delle Ricerche per il Miglioramento Piante da Frutto e da Orto: 451-470.
52. M.M.P., 1961. - Neurotteri dei Monti Picentini (Appennino Campano). - *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona*, **9**: 97-114.
53. M.M.P., 1962. - I metodi di controllo integrato nella difesa delle piante coltivate dagli attacchi degli Artropodi. - *Atti della Accademia dei Georgofili*, settima serie, **9**: 65-83.
54. M.M.P., 1962. - Il valore dei caratteri morfologici, cromatici ed eto-ecologici nella discriminazione specifica. Caso di due Neurotteri Crisopidi: *Chrysopa flavifrons* Brauer e *C. iberica* Navàs. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, Serie XI, **9**: 16-19.
55. M.M.P., 1963. - L'integrazione dei mezzi di lotta chimici con quelli biologici nella difesa delle coltivazioni dagli attacchi degli Artropodi. - *Natura e Montagna*, Serie 2, 3(3): 116-122.
56. M.M.P., 1964. - "NEUROTTERI". – In: *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica, Arnoldo Mondadori Editore*: 296-297.
57. M.M.P., 1965. - Considerazioni sulla pratica dell'inerbimento dei frutteti in rapporto con gli attuali orientamenti della lotta contro gli Artropodi. – In: *Atti del 1° Incontro frutticolo della S.O.I. "L'inerbimento dei frutteti"*, Bologna, 16-XII-1964, estratto di 5 pp.
58. M.M.P., 1965. - La variabilità, in Insetti "minatori", del numero delle mute (e delle ecdisi) nell'ambito di una specie e considerazioni sul determinismo del fenomeno. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, Serie XII, **2**: estratto di 9 pp.
59. M.M.P., 1966. – Ricerche sulla Fauna Appenninica. LXXXVI. Neurotteri della Basilicata, della Calabria e della Sicilia (Contributi allo studio dei Neurotteri italiani. XVIII). - *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona*, **14**: 363-388.
60. M.M.P., 1966. - Considerazioni sulla lotta integrata. – *Bollettino dell'Osservatorio per le Malattie delle Piante di Bologna*, **1**: 33-37.

61. M.M.P., Pier Luigi Castellari, Pierino Giunchi, 1967. - Observations sur les infestations de pucerons et leurs prédateurs et parasites dans des parcelles traitées avec des produits phytiatriques polyvalents ou sélectifs. - *Entomophaga*, *Third International Symposium on integrated control of orchard pests, Mémoire Hors Série* **3**:103-106.
62. M.M.P., 1967. – [Recensione di:] La défense des plantes cultivés. - Opera pubblicata dalla Station Fédérale d'essais agricoles di Losanna, sotto la direzione di R. Bovey, con la collaborazione di M. Baggiolini, A. Bolay, E. Bovay, R. Corbaz, G. Mathys, A. Meylan, R. Murbach, F. Pelet, A. Savary, G. Trivelli. – V edizione completamente rifatta e accresciuta, 848 pp., 123 fotografie a colori, 600 fotografie in bianco e nero, 137 disegni e schemi. Edizioni Payot, Losanna 1967. – *L'Italia agricola*, **104**(4): 496-497.
63. M.M.P., 1967. - Ricerche ed orientamenti di attualità nel campo della difesa delle piante coltivate dagli attacchi degli Artropodi. – In: *"Giornate fitopatologiche 1967", Atti del Convegno, Bologna*: 305-308.
64. Pier Luigi Castellari, Pierino Giunchi, M.M.P., 1967. - Problemi riguardanti la difesa del Melo dalle infestazioni di alcune specie di Afidi. – In: *"Giornate fitopatologiche 1967", Atti del Convegno, Bologna*: 309-320.
65. M.M.P., 1969. – [Voce:] Insetticidi. – In: Enciclopedia Agraria Italiana VI ING-MAIA. – *Ramo Editoriale degli Agricoltori*, Roma: 34-39.
66. M.M.P., 1969. - [Voce:] Italocrisa. - In: Enciclopedia Agraria Italiana VI ING-MAIA. – *Ramo Editoriale degli Agricoltori*, Roma: 542-543.
67. M.M.P., 1969. - Ricerche e prospettive in Italia per la lotta integrata contro gli insetti. - *Atti del Convegno Intern. "Nuove prospettive nella lotta contro gli insetti nocivi", Roma, 16-18 sett. 1968, Accadademia Nazionale dei Lincei, Quaderno n. 128*: 231-248.
68. M.M.P., 1970. - Recherches en Italie pour l'application de la lutte intégrée dans les vergers. - *Compte rendu du 4e symposium OILB sur la lutte intégrée en vergers, OILB, Zürich, 1970*: 39-43.
69. M.M.P., 1970. - Il problema della protezione delle piante dagli insetti nocivi in rapporto con l'immensità del numero delle loro specie e con le complicate relazioni che essi hanno con l'ambiente fisico e con gli altri organismi viventi. - In: "Conservazione e razionale utilizzazione delle forze e dei beni della natura. I. Il problema della protezione delle piante dai loro nemici.", *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Memorie,* Serie II, **5**: 17-22.
70. M.M.P., Pier Luigi Castellari, 1970. - Ibernamento e diapausa in alcune specie di Crisopidi (Insecta Neuroptera) viventi in Italia - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, Serie XII **7**: 75-83.
71 M.M.P., 1971. – [Grave perdita per la scienza e per il giornalismo. La recente scomparsa di tre uomini illustri.] Guido Grandi. – *L'Informatore Agrario*, 27(5): 4236. [ristampato in: *Memorie della Società Entomologica Italiana*, **61B**: 12-13.]
72. M.M.P., 1971. - Guido Grandi e la sua opera. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, Serie XII, **7**: estratto di 15 pp. [ristampato in: *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **30**: 1-24 (con bibliografia); *Memorie della Società Entomologica Italiana*,**61B**: 15-24.]
73. M.M.P., 1973. - Realtà e prospettive della lotta integrata nei frutteti. (Studi del gruppo di lavoro del C.N.R. per la lotta integrata contro i nemici animali delle piante. XCIII). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **30**: 289-301 [ristampato in: *Notiziario sulle Malattie delle Piante*, **90-91**: 153-168].
74. M.M.P., 1974. - Guido Grandi. - *Annuario Anno Acc. 1970-71 Univ. Bologna*, **882**: 303-306. [ristampato in: *Memorie della Società Entomologica Italiana*, **61B**: 28-30].
75. M.M.P., Michel Canard, 1974. - Les Névroptères. - In: Les organismes auxiliaires en verger de pommiers. - *OILB/SROP*, **3**: 151-162.
76. M.M.P., Giorgio Domenichini, Minos Martelli, 1975. - Lotta integrata e lotta guidata nei frutteti dell'Italia settentrionale. - *Atti del X Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, Sassari 20-25 maggio 1974: 113-159.
77. M.M.P., 1975. - Ricordo del Cav. Dante Faggioli. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **32**: 227-229.
78. M.M.P., Paolo Piazzi, Edison Pasqualini, 1975. - Influenza del fotoperiodo sul ciclo di sviluppo di *Chrysopa flavifrons* Brauer (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **32**: 305-322.
79. M.M.P., 1977. - Contributi allo studio dei NEUROTTERI italiani. XXI. La morfologia addominale ed il suo valore per la discriminazione generica nell'ambito delle CHRYSOPINAE. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **31**: 325-360.
80. M.M.P., Maura Memmi, Edison Pasqualini, 1977. - Induzione e mantenimento della oligopausa larvale in *Chrysopa flavifrons* Brauer (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **32**: 301-314.
81. M.M.P., Maura Memmi, Donatella Sgobba, 1979. - Reperti su *Chrysopophthorus chrysopimaginis* Goidanich, parassita solitario delle immagini di Neurotteri Crisopidi. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **34**: 247-273.
82. M.M.P., Giovanni Briolini, 1979. - Supervised control in the Emilia-Romagna Apple Orchards. - *Proc. International Symposium of IOBC/WPRS on integrated control in Agriculture and Forestry, Wien, 8-12 October 1979*: 584-585.
83. M.M.P., Giorgio Domenichini, Giovanni Briolini, Piero Cravedi, Renato Barbieri, Edison Pasqualini, 1981. - La lotta guidata come metodo di protezione delle colture arboree dalle avversità animali: esperienze in Emilia-Romagna. - *La difesa delle Piante*, **4**(4): 209-220.
84. M.M.P., 1981. - Neurotteri. - In: Alessandro Minelli, Sandro Ruffo (a cura di). - Grande enciclopedia illustrata degli animali. Invertebrati 2. - *Arnoldo Mondadori Editore*: 105-108.
85. M.M.P., Egidio Mellini, 1981. - Memento. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università di Bologna*, **36**: I-II.
86. Luciano Bullini, M.M.P., Rossella Cianchi, 1983 - Ricerche elettroforetiche su specie italiane del genere Chrysopa s.l. (Neuroptera, Chrysopidae) - *Atti XII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Roma 5-9 novembre 1980*: 235-237.
87. Luciano Bullini, M.M.P., Rossella Cianchi, Roberto A. Pantaleoni, 1983. - Nuovi dati sulla tassonomia biochimica delle Crisope italiane (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE). - *Atti XIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Sestriere-Torino, 27 giugno – 1 luglio 1983*: 479-483.
88. Luciano Bullini, M.M.P., Rossella Cianchi, 1984. - Electrophoretic studies in the genus Chrysopa (s.l.), evolutionary and phylogenetic inferences - In: Gepp J.,

Aspöck H., Hölzel H. (eds) - *Progress in World's Neuropterology. Proceedings of the 1st International Symposium on Neuropterology in Graz (Austria). (Insecta: Megaloptera, Raphidioptera, Planipennia)* – Graz (Austria), 1984: 57-59.

89. Michel Canard, M.M.P., 1984 - Development of Chrysopidae - In: Canard M., Semeria Y., New T.R. (eds), 1984 - Biology of Chrysopidae - *Dr. W. Junk Publ.*, The Hague, Series Entomologica volume 27: 57-76.
90. M.M.P., Michel Canard, 1984. - Feeding habits - In: Canard M., Semeria Y. & New T. R. (Ed.) - Biology of Chrysopidae. - *Dr. W. Junk Publ.*, The Hague, Series Entomologica volume 27: 76-92.
91. M.M.P., 1984. - I Neurotteri Crisopidi e le possibilità della loro utilizzazione in lotta biologica e in lotta integrata. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **38**: 231-262.
92. M.M.P., 1985. - Un caso di venulazione anomala in *Anisochrysa flavifrons* (Brauer) (NEUROPTERA CHRYSOPIDAE). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **39**: 153-159.
93. M.M.P., Donatella Sgobba, 1985. - La diapausa larvale in *Anisochrysa flavifrons* (Brauer) (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE) - *Atti XIV Congresso nazionale italiano di Entomologia, Palermo-Erice-Bagheria, 28 maggio – 1 giugno 1985*: 483-490.
94. M.M.P., 1986. - Lo spermatoforo nei Neurotteri Crisopidi. - *Frustula Entomologica*, Nuova Serie **7**/**8**: 143 - 159.
95. M.M.P., Donatella Sgobba, 1987. - La diapausa larvale in *Mallada (= Anisochrysa) flavifrons* (Brauer) (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE): cicli fotoperiodici responsabili dell'induzione, sviluppo di diapausa e attivazione, accrescimento ponderale dello stadio con diapausa. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **41**: 209-231.
96. M.M.P., Giovanni Ricci, Donatella Sgobba, 1988. - Induzione fotoperiodica nella diapausa immaginale di *Chrysoperla carnea* (Stephens) (NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE) - *Atti XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, 13-17 giugno 1988*: 755-762.
97. M.M.P., 1989. – [Recensione di:] Ermenegildo Tremblay, Raffaele Sacchi - Insettiade (Presentazione di Giorgio Celli). I-IV + 216 pp; Liguori Editore, Napoli 1988. Copertina di Raffaele Sacchi. - *Natura e Montagna*, **36**(1-2): 70.
98. M.M.P., 1990. - Guido Grandi - In: Figure di Maestri che hanno operato nel corso del IX Centenario dell'Università di Bologna. - *Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*: 273-279.
99. M.M.P., Maura Memmi, Donatella Sgobba, 1989. - Influenza della temperatura sulla diapausa larvale di *Mallada flavifrons* (Brauer) (NEUROPTERA CHRYSOPIDAE). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **44**: 37-55.
100. M.M.P., 1990. - Ricordo di Pier Luigi Castellari. - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **44**: 155-160.
101. M.M.P., 1992. - Lo stato di diapausa negli Insetti ed il suo manifestarsi in alcune specie di Crisopidi (Insecta Neuroptera) in dipendenza dell'azione fotoperiodica. - *Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze fisiche, Rendiconti*, Serie XIV, **8**: 79-116 [ristampato in: *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **46**: 1-30].
102. M.M.P., 1993. – Protezione integrata e produzione integrata delle colture agrarie: realizzazioni e prospettive. – *Atti della Accademia dei Georgofili*, settima serie, 39(1992): 439-464 [ristampato in: *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **47**: 79-100].
103. M.M.P., Donatella Sgobba, 1993. – La diapausa larvale in *Mallada clathratus* (Schneider) (Neuroptera Chrysopidae). – *Bollettino dell'Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università di Bologna*, **48**: 75-91.
104. M.M.P., Donatella Sgobba, 1994. – Tecniche di allevamento ed utilizzo dei Neurotteri. Indagine sull'azione dei fattori ambientali sul ciclo di sviluppo di *Mallada clathratus* (Schneider): il fotoperiodo e la diapausa. – In: Convegno "Innovazioni e prospettive nella difesa fitosanitaria", Ferrara 1994, *Ed. Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale*, Roma: 441-443.
105. Albertina Bernardi Iori, Jeyaraney Kathirithamby, Agostino Letardi, Roberto A. Pantaleoni, M.M.P., 1995. - 62. NEUROPTEROIDEA (MEGALOPTERA, RAPHIDIOPTERA, PLANIPENNIA), MECOPTERA, SIPHONAPTERA, STREPSIPTERA. - In: Alessandro Minelli, Sandro Ruffo, Sandro La Posta (a cura di). - Checklist delle specie della fauna italiana. – *Calderini Editore*, Bologna, pp. 20.
106. M.M.P., 2002. – Grandi Guido. – In: "Dizionario Biografico degli Italiani" volume 58, *Istituto della Enciclopedia Italiana*, Roma.
107. M.M.P., 2005. – Remembering Marta Grandi. – *Bulletin of Insectology*, **58**: 157-158.
108. M.M.P., 2006. – [Recensione di:] Roberto A. Pantaleoni, Carlo Cesaroni & Marco Mattei Entomologia Elementare. Breve guida illustrata alla conoscenza degli Insetti. Composita, Sassari, 2005, 106 pp. – *Bollettino della Società entomologica italiana*, **138**(3): 256-257.
109. M.M.P., 2007. – Opening Address to the Ninth International Symposium on Neuropterology. – In: Pantaleoni R. A., Letardi A. & Corazza C. (a cura di). - Proceedings of the IX International Symposium on Neuropterology, Ferrara 20-23 June 2005 [with a Tribute to Maria Matilde Principi]. – *Annali del Museo civico di Storia naturale di Ferrara*, **8**: IX-X.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 53-55

COMMEMORAZIONE

RICORDO DI GIOVANNI MINEO (1935-2018)

SALVATORE RAGUSA [a]

[a] *Dipartimento di Scienze agrarie, alimentari e forestali;* salvatore.ragusadichiara@unipa.it
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze 16 novembre 2019

La carriera

Giovanni Mineo nasce l'8-11-1935 a Bagheria un paese a pochi chilometri da Palermo famoso tra l'altro per la presenza di varie ville settecentesche. Dopo aver compiuti gli studi classici si iscrive alla facoltà di Agraria dove consegue, il 15 giugno 1960, la laurea discutendo una tesi sperimentale sulla tignola degli agrumi. Subito dopo la laurea rimane presso l'Istituto di Entomologia agraria in qualità di assistente straordinario, dal 1961 al 1967. Alla fine di questo periodo vince il concorso per assistente ordinario, ruolo che mantiene sino al 1980. Nel 1971 si presenta per conseguire la libera docenze che ottiene in Fitoiatria. Nel 1973 diventa professore stabilizzato dell'insegnamento di "Lotta biologica e integrata" iniziando da quel momento la sua lunga carriera e diventando il titolare della cattedra di Entomologia agraria. Da questo momento e fino al suo pensionamento la sua materia di insegnamento sarà l'Entomologia agraria.

Ha svolto le funzioni di direttore dell'Istituto di Entomologia agraria di Palermo e, in seguito, di preside della facoltà per un triennio, dal 1993 al 1996, in un periodo non facile che ha sempre affrontato con coraggio e abnegazione ma soprattutto con grande correttezza. Durante tale periodo è stato anche direttore della rivista Phytophaga pubblicata dall'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Palermo.

Viene cooptato dall'Accademia Nazionale italiana di Entomologia diventando in breve Accademico Ordinario.

Nel momento in cui vengono attivati i dottorati di ricerca fa parte del corpo docente di un dottorato con sede a Napoli costituito dalle facoltà di Napoli, di Palermo di Catania e di Bari.

Svolge dal 1989 al 1993 attività di docenza presso l'Università di Reggio Calabria con due insegnamenti: 'Istituzioni di Entomologia' e 'Istituzioni di Entomologia forestale', e nel 1989 su incarico del ministero degli affari esteri gli viene affidato l'incarico di tenere presso l'Università di Maputo i corsi di Fitoiatria e Controllo delle erbe infestanti.

Durante la sua attività scientifica ha fatto parte di vari gruppi di lavoro: 1) O.I.L.B (Pesticides and Beneficial Arthropods, 2) C.N.R. (Lotta integrata contro i nemici animali delle piante, 3) C.E.C (Expert's Group on Integrated Control of Citrus Pests), 4) F.A.O con missioni in paesi arabi in qualità di esperto di lotta biologica ed integrata.

Numerosi infine sono stati i soggiorni di studio all'estero finanziati da vari enti quali O.I.L.B, l'Accademia nazionale delle scienze ungherese, il British Council, il Ministero dell'agricoltura della Libia, il C.N.R., che gli hanno dato l'opportunità di permanere presso la Station de Zoologie agricole di Montfavet in Francia per ricerche sull'allevamento di insetti fitofagi con pabulum "artificiali"; nello stesso periodo effettua visite di studio nel Museo nazionale cecoslovacco a Praga e nel Museo di Storia naturale a Vienna, permane sei mesi presso il Dipartimento protezione piante di Tripoli (Libia) per ricerche sulla mosca delle olive *Bactrocera oleae.*

Infine, in relazione ai suoi studi sistematici sugli imenotteri Scelionidae, ha soggiornato per 4 mesi presso il Museo Nazionale Ungherese di Storia naturale a Budapest, dove ha iniziato gli studi sugli Imenotteri Proctotrupoidei Scelionidae con il Dr. Szabò e due mesi presso la sezione Hymenoptera del Biosystematic Research Institute a Ottawa per lo studio dei tipi della collezione Scelionidae. Ha infine frequentato per 3 mesi il British Museum di Londra e per 20 giorni gli Istituti di Kiev e Leningrado, dove ha avuto la possibilità di confrontarsi con eminenti studiosi sui vari problemi tassonomici connessi al gruppo sistematico di suo interesse.

– Pubblicato marzo 2020

La ricerca

La ricerca di Mineo ha seguito tre filoni: Entomologia agraria, Controllo biologico e Sistematica degli Imenotteri Scelionidae.

Per quanto riguarda il primo filone si è interessato allo studio di insetti degli agrumi (*Prays citri*, *Cryptoblabes gnidiella*, *Gymnoscelis pumilata*), della vite (*Tropinota hirta* e *T. squalida*) dell'olivo (*Myelois ceratoniae*, *Plodia interpunctella*), del nocciolo (*Gonocerus acuteangulatus* e vari Pentatomidi), del fico (*Ephestia cautella*), sia dal punto di vista bioetologico che da quello del controllo chimico.

Per quanto riguarda il secondo filone, si è occupato del controllo biologico di *Planococcus citri* con *Cryptolaemus montrouzieri* e *Leptomasix dactylopii*, del *Prays citri* con *Bacillus thuringiensis* e *Ageniaspis fuscicollis*, della *Phyllocnistis citrella* con *Semielacher petiolatus*, del *G. acutea angulatus* con *Ooencyrtus gonoceri*, *Gryon muscaeformis* e *Trissolcus flavipes*, della *Bactrocera oleae* con *Opius concolor siculus.*

Per quanto riguarda gli studi sugli Imenotteri Scelionidi, Mineo descrive 297 nuovi taxa, di cui una tribù (Dyscritobaeini), 19 generi e 277 specie. Di questi taxa, però, 'Hymenoptera on Line' (HOL) considera "unvailable" tutti i generi e le specie pubblicate in proprio come 'occasional papers' su Scelionidae (Hymenoptera), fascicoli 1-9, e precisamente 4 generi e 81 specie. Sicuramente tali taxa potrebbero essere validi se 'rivisitati' da uno specialista del gruppo. Rimangono quindi universalmente riconosciuti 210 taxa di cui 1 tribù, 14 generi e 196 specie tutte all'interno degli Scelionidae, sia Scelioninae che Telenominae.

Nel complesso Mineo ha prodotto 239 lavori di cui 81 di Entomologia agraria (corrispondenti al 34% della sua produzione), 42 di Controllo biologico (corrispondenti al 18%) e 116 di Sistematica degli Imenotteri Scelionidae (corrispondenti al 48%).

L'uomo

Cosa posso dire! Da quando ho appreso la notizia sono ritornato indietro negli anni e ho rivisitato tutto il passato, ma non per parlare di me (ci saranno altri che forse lo faranno) ma per ricordare Giovanni Mineo: perché il mio passato lavorativo coincide con quello di Giovanni.

Lo conobbi nel lontano 1960, quando appena finito il liceo mi trovai a frequentare da studente la Facoltà (ora Dipartimento) di Agraria. E proprio entrando nell'aula di Entomologia, notai un giovane seduto ad un tavolo con un microscopio che osservava boccioli di zagara: silenzioso, schivo, riservato, non sembrava accorgersi di chi gli stava intorno. Le osservazioni che faceva lo assorbivano completamente e non c'era tempo di rivolgere l'attenzione a questi studenti che disturbavano la sua concentrazione. Studenti che in seguito amò e con i quali discuteva e intratteneva delle vere e proprie diatribe, aiutandoli poi durante l'esame che spesso faceva a se stesso perché, preso dall'entusiasmo e dalla passione, rispondeva lui alle sue stesse domande. Quel suo lavoro durò parecchi anni, perché a quei tempi per poter pubblicare qualcosa, se ne doveva fare di strada! E alla fine le osservazioni sul *Prays citri* vennero fuori e servirono anche ad aiutare altri colleghi nella progressione della loro carriera universitaria. Io rimasi colpito da questo suo "modus operandi". Cioè questo suo attaccamento e la passione per un lavoro che lo completava.

Il tempo passava ed io proseguivo nei miei studi sino a quando venne il momento di chiedere la tesi. Allora la tesi si chiedeva al "boss" che poi decideva a chi affidarci.

Io ho avuto la fortuna di essere assegnato a Giovanni con una tesi sul controllo del cotonello degli agrumi con crittolemo. Da quel momento ebbe inizio il nostro legame e la nostra collaborazione che divenne amicizia. Mineo non era un tipo facile, aveva le sue idee e i suoi convincimenti che portava avanti con fermezza e decisione, per cui il nostro non fu sempre un cammino di rose e fiori, ma c'erano reali e duri momenti di scontro anche se alla fine ne usciva vittorioso lui perché, devo proprio ammetterlo, a distanza di anni, aveva quasi sempre ragione.

Dopo la laurea rimasi come assistente incaricato e da quel momento la nostra collaborazione divenne duratura e continua, anche se spesso si alzava la voce, per poi tornare ad essere amici.

Mineo era un vero entomologo agrario, che conosceva bene la campagna con tutte le sue problematiche e quando si trovava di fronte a qualche problema entomologico, lo affrontava con testardaggine e con intuito sino a quando non trovava una soluzione.

Quante passeggiate in campo abbiamo fatto, lui con il suo retino alla ricerca di scelionidi e io con la mia attrezzatura alla ricerca di fitoseidi e questo anche se molto raramente pubblicavamo insieme.

Non abbiamo mai avuto problemi, per quanto riguardava i fondi (che allora c'erano) di ricerca. Non aveva importanza chi li gestiva, l'importante era affrontare i problemi e trovare le soluzioni.

L'entomologia palermitana deve molto a Giovanni Mineo che sino all'era del prof. Monastero non era molto considerata perché, anche se va riconosciuto a Monastero quanto ha fatto per il controllo biologico della mosca delle olive, purtroppo non godeva di grande considerazione da parte dei colleghi degli altri atenei. Fu proprio Giovanni Mineo a sbloccare questa situazione negativa con la sua attività continua e indefessa, con i suoi studi e le pubblicazioni che lo misero

in contatto con altri entomologi italiani e stranieri, i quali finalmente scoprirono che anche Palermo era in grado di produrre qualcosa di buono in campo entomologico.

Vinse il concorso a libero docente senza l'appoggio di nessuno e anche quando diventò prof. ordinario, lo dovette interamente alle sue forze, al suo coraggio alla sua determinazione. Finalmente anche Palermo, per merito suo, aveva qualcosa da dire in campo nazionale ed internazionale e poteva competere ad armi pari con le altre facoltà italiane e straniere.

Voglio qui ricordare anche l'organizzazione, nel 1985, del Congresso nazionale italiano di Entomologia presso la nostra Università che riscosse un grande successo.

La passione per la ricerca entomologica non si esaurì quando andò in pensione, perché continuò a studiare e a scrivere pur non avendo più grandi rapporti con l'Università.

Quale eredità ci lascia Mineo: un modello di studioso, considerato ormai di altri tempi, profondamente radicato nella conoscenza pratica oltre che teorica. Un modello di passione, entusiasmo ed abnegazione che ha dato lustro all'entomologia palermitana senza chiedere nulla in cambio. Ci lascia, però, anche un ricordo dolce amaro perché probabilmente non siamo riusciti a comprendere fino in fondo il suo carattere schivo che lo ha portato a chiudersi negli ultimi anni della sua vita in un ferreo isolamento.

Solo ora, quando non c'è più nulla da fare, ci rendiamo realmente conto del valore della sua persona e ci rimane in bocca un'amarezza profonda e in cuore una tristezza immensa, che purtroppo rimarrà tale, perché indietro non si può tornare.

E mi tornano in mente alcuni versi della poesia del Pascoli, "*La quercia caduta*":

…la gente dice: or vedo: era pur grande !*…dice la gente:or vedo: era pur buona*!…

Nell'aria, un pianto…d'una capinera che cerca il nido che non troverà.

56 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 57-61

STORIA NATURALE ED EVOLUZIONE DEGLI ORTOTTERI CAVERNICOLI DEL GENERE *TROGLOPHILUS* (RHAPHIDOPHORIDAE)

MARINA COBOLLI[a]

[a] *Via di Grottarossa, 55, 00189 Roma, Italia*; email: cobollimarina@gmail.com
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 23 febbraio 2019

Natural History and Evolution of the cave crickets, genus Troglophilus

This brief synopsis aims to provide a picture of the natural history and evolution of the genus *Troglophilus* based on a series of researches carried out during several years. *Troglophilus* is a cave-dwelling cricket genus of the subfamily Troglophilinae, widespread across Anatolia, insular and continental Greece, Western Balkan peninsula to Austria and Italy. The life cycle is analyzed in the three Italian species, and a phylogeographic reconstruction based on molecular phylogenetic divergence and historical biogeography of most of the known species is reported.

KEY WORDS: *Troglophilus*, life history, molecular phylogeny, biogeography.

INTRODUZIONE

Il genere *Troglophilus* appartiene alla famiglia Rhaphidophoridae, considerata una delle più primitive fra gli ortotteri ensiferi (HUBBELL e NORTON, 1978) e attualmente suddivisa in 10 sottofamiglie, con circa 137 generi e più di un migliaio di specie. I caratteri di primitività sono individuabili tanto nella morfologia che nel pattern di distribuzione geografica. Da un punto di vista morfologico la mancanza di ali è comune a tutti i rappresentanti delle diverse sottofamiglie, questa simplesiomorfia si deve essere quindi sviluppata a partire dai più antichi Rhaphidophoridae. La condizione attera deve avere inoltre pesantemente condizionato la possibilità di dispersione, limitandola ad una contiguità di terre emerse. Al giorno d'oggi i rappresentanti di questa famiglia sono confinati essenzialmente nelle zone temperate di entrambi gli emisferi (Nuova Zelanda, Australia, Sud-Africa, Sud-America, Nord-America, Eurasia) e la loro presenza in aree tropicali dell'estremo oriente è stata interpretata da HUBBELL e NORTON (1978) come il risultato di eventi di colonizzazione piuttosto recenti. La spiegazione più plausibile di un simile pattern di distribuzione sarebbe da ricercare in un'origine molto antica riferibile ad un periodo precedente la frammentazione della Pangea, quindi non dopo l'inizio del Giurassico. Nel bacino del Mediterraneo sono attualmente presenti le due sottofamiglie Dolichopodainae e Troglophilinae con due soli generi, rispettivamente *Dolichopoda* e *Troglophilus,* le cui specie sono tutte più o meno legate all'ambiente sotterraneo. Il passaggio dall'ambiente forestale, considerato tipico dei Rhaphidophoridae, a quello cavernicolo è stato posto in relazione al progressivo raffreddamento del clima a partire dal Miocene Medio, che avrebbe spinto questi organismi a ricercare nelle cavità sotterranee le condizioni di umidità e temperatura necessarie alla loro sopravvivenza. Il genere *Troglophilus* presenta una distribuzione mediterranea orientale con 21 specie nominali presenti dall'Anatolia alla Grecia insulare e peninsulare, area balcanica occidentale, Prealpi Orientali, Lombarde e regione pugliese. In questo lavoro viene presentato un riassunto di quaranta anni di ricerche che hanno riguardato la tassonomia, la distribuzione geografica, l'ecologia e il ciclo biologico, la filogenesi e la filogeografia di questo ortottero.

ASPETTI TASSONOMICI E SISTEMATICI

Il genere *Troglophilus* viene istituito da KRAUSS nel 1879 con la descrizione della specie *neglect*us, ma la prima descrizione di un troglofilino risale al 1833 quando KOLLAR descrive la specie *Locusta cavicola*, poi attribuita al genere *Troglophilus,* ritrovata in una grotta dell'Austria orientale. Fino agli anni '70 del secolo scorso le conoscenze si limitano a 9 specie distribuite in tutto l'areale oggi conosciuto, ma con presenze molto sporadiche. In seguito con l'intensificarsi delle ricerche in Anatolia, e successivamente nell'area balcanica, Grecia insulare e peninsulare, soprattutto da parte del gruppo di ricercatori di Roma La Sapienza, e con la collaborazione recente di studiosi turchi, si arriva alla conoscenza delle 21 specie attuali. La concentrazione maggiore si trova in Anatolia con dieci specie, alcune a più ampia diffusione, altre limitate a

– Pubblicato marzo 2020

singole grotte o singoli massicci calcarei, ben rappresentato è il contingente di specie greche insulari , mentre una sola specie è stata recentemente descritta della Grecia peninsulare, nell'area balcanica sono note numerose specie, soggette nel tempo a diverse revisioni tassonomiche, in Italia settentrionale sono presenti due specie condivise con la parte balcanica e infine una specie è confinata nella regione pugliese. La maggiore difficoltà nella descrizione delle specie è legata al fatto che i caratteri specie specifici sono evidenti solo nei maschi adulti, o in alcuni casi solo nelle femmine adulte. La presenza costante nei campionamenti di esemplari piccoli o subadulti ha portato in diversi casi a interpretazioni errate che sono state solo in seguito corrette utilizzando marcatori molecolari o indagini ultrastrutturali e estendendo l'analisi morfologica a caratteri non considerati nelle precedenti descrizioni (Cobolli *et al*., 1999; Ketmaier *et al.,* 2000; Rampini e Di Russo, 2003a; 2003b; Di Russo *et al*., 2007; 2014a; Karaman *et al*., 2011; Kaya *et al*., 2013; Taylan *et al*., 2011; 2013). In Italia il genere presenta una distribuzione disgiunta: a nord le specie *T. cavicola* (Kollar 1833) e *T. neglectus* Krauss 1879, ampiamente diffuse nell'area balcanica occidentale e lungo la costa adriatica, si sovrappongono nell'area compresa tra il confine orientale con la Slovenia fino alla Lombardia lungo tutto l'arco delle Prealpi Giulie, Venete e Lombarde. *T. neglectus* sembrava avere una minore estensione verso occidente, con un apparente confine al lago di Garda (Baccetti e Capra, 1970), ma recenti ricerche (Bonelli *et al.,* 2019) hanno messo in evidenza come le due specie arrivano entrambe fino al triangolo lariano, coabitando in diverse cavità. A sud limitata alla regione pugliese dalle Murge al Salento troviamo *T. andreinii* Capra 1927, specie politipica con due sottospecie, *T. andreinii andreinii* tipica delle grotte della Puglia settentrionale e *T. andreinii hydruntinus* La Greca 1961 nella penisola salentina.

Caratteristiche ecologiche, dinamica di popolazione

Come tutti gli altri Rafidoforidi il genere *Troglophilus* è caratterizzato da totale assenza di ali e di apparati acustici, pigmentazione ridotta e occhi ridotti ma mai totalmente assenti, come si verifica invece in altri generi e specie e in particolare in alcune specie del genere *Dolichopoda* con il quale *Troglophilus* condivide gran parte dell'areale, con molti casi di sintopia nella stessa grotta, in diverse località dell'Anatolia e nella regione balcanica. In Italia i due generi presentano areali discontinui, con un solo caso noto di sintopia in una grotta del vicentino, dove però la presenza di *Dolichopoda* sembra dovuta ad un fenomeno di dispersione recente, probabilmente antropocora (Bernardini *et al.,* 1997). E' interessante notare che anche diverse specie di *Troglophilus* coabitano nella stessa cavità, per esempio *T. neglectus* e *T. cavicola* in Italia e nell'area balcanica, *T. adamovici* con *T. bicackii* e con *T. ferzenensis* rispettivamente nell'area anatolica. Questo ultimo caso di sintopia in due grotte del Tauro è stato riconosciuto grazie all'analisi dei polimorfismi enzimatici (Cobolli *et al*., 1999) e quindi studiato in dettaglio anche con l'analisi morfologica, consentendo la descrizione di due nuove specie (Rampini e Di Russo, 2003a; Taylan *et al*., 2012).

I *Troglophilus* sono tipici elementi della fauna parietale di grotte naturali e ambienti sotterranei artificiali, vivono preferibilmente in prossimità degli ingressi, e in zone boschive maggiormente fredde e umide possono trovarsi all'esterno in fessure di roccia, anfratti del sottobosco, vecchi tronchi. Sporadici studi e osservazioni di campo avevano già evidenziato come in inverno fosse più facile rinvenire *Troglophilus* sulle pareti e sui soffitti delle grotte, e invece in estate occasionalmente trovarli all' esterno sotto foglie, pietre, rami (Kastberger, 1982). I primi studi sistematici sulla biologia di questo genere furono condotti in Slovenia. Novak e Kustor (1983) in un numero notevole di grotte e cavità artificiali studiarono la presenza e distribuzione di *T. cavicola* e *T. neglectus*, ed evidenziarono in entrambe le specie la presenza di due ecofasi, una epigea attiva nel periodo estivo e una ipogea di apparente diapausa nel periodo invernale. Nel 1997 Pehani *et al.* fornirono le prime informazioni sul ciclo biologico di *T. neglectus*.

Nel 2000 dalla collaborazione dei ricercatori dell'Università di Roma La Sapienza e il Museo Civico di Storia Naturale di Verona (Latella *et al*., 2002) iniziò una estesa ricerca sulla biologia di popolazione, ciclo biologico e regimi alimentari delle specie italiane. Gli studi sono stati svolti in alcune grotte dei Monti Lessini Veronesi con particolare riguardo alla specie *T. cavicola* e in alcune grotte della Puglia per *T. andreinii*. I risultati hanno permesso di puntualizzare i principali aspetti della biologia di popolazione di queste specie evidenziando alcuni tratti distintivi sia tra specie e popolazioni (Di Russo e Rampini, 2005; Di Russo *et al*., 2008; 2014b; Avesani *et al*., 2009).

Nelle popolazioni di *T. cavicola* del Veneto le stime di dimensione di popolazione (N) sono risultate decisamente contenute con massimi invernali compresi fra 765 individui nel Covolo Inferiore e 2400 nella Grotta Damati, con stime estive prossime alla zero. Al contrario in *T. andreinii* i valori di N nella grotta Masseria Tranese sono largamente più grandi essendo compresi tra 750 individui nel periodo estivo e 5100 nel periodo invernale. Viene confermata l'esistenza di un'ecofase ipogea invernale e di un'ecofase epigea estiva, che, nelle popolazioni di *T. cavicola*, si svolgerebbe completamente all'esterno. Questa distinzione appare

netta e di più lunga durata nelle popolazioni di *T. cavicola*, mentre in *T. andreinii* è meno evidente e limitata ad un breve periodo estivo. La tipologia dell'ambiente al di fuori della grotta condiziona in larga parte il comportamento degli individui, come si può evincere dal confronto fra due popolazione di *T. cavicola*. Quella della grotta dei Covoli il cui ingresso si apre su un versante a rimboschimento artificiale di Abete Rosso, ambiente poco idoneo ai *Troglophilus*, abbandona totalmente la grotta per raggiungere probabilmente il bosco naturale a latifoglie situato nella vallata prospiciente, mentre nella grotta Damati che si apre in un fitto bosco deciduo un certo numero di individui adulti e subadulti è presente in tutta l'estate nei pressi dell' ingresso, mantenendo una certa contiguità con l'ambiente ipogeo (Avesani *et al*., 2009).

Nelle grotte venete la struttura in classi di età è risultata in entrambe le popolazioni fortemente stagionale con massima presenza di adulti in autunno e primavera. La popolazione pugliese evidenzia una minore stagionalità con composizione di età più eterogenea nei diversi periodi dell'anno monitorati. In particolare gli adulti sono quasi sempre presenti con frequenze spesso superiori al 10%. Questo suggerirebbe un periodo riproduttivo molto più esteso, almeno in parte svincolato da ritmi stagionali e compiuto all' interno della grotta. Nella località studiata sono stati osservati spesso e in diversi periodi dell'anno individui in copula o femmine recanti spermatofore. Al contrario tali osservazioni sono rarissime o quasi nulle nelle popolazioni esaminate di *T. cavicola*, il che confermerebbe che la fase riproduttiva di questa ultima specie sia concentrata durante la fase epigea estiva e si svolga quindi all'esterno. Le neanidi della nuova generazione fanno la loro comparsa in grotta a settembre. Con allevamenti in laboratorio si è potuto determinare l'esistenza di 8 stadi preimmaginali, per una durata del ciclo complessiva di 24 mesi. In *T. andreinii* gli stadi preimmaginali sono risultati essere 9, la durata dei singoli stadi è maggiore e il ciclo completo si compie in tre anni.

Nelle popolazioni da noi esaminate il rapporto sessi si mantiene bilanciato, ma già nel 1951 Capra aveva segnalato popolazioni di femmine (con irrisorie percentuali di maschi) in *T. cavicola* in Lombardia, popolazioni poi studiate da Baccetti (1961) che ne confermò la riproduzione partenogenetica. La presenza di popolazioni formate apparentemente da sole femmine è stata recentemente confermata da Bonelli *et al.* (2019) sia in *T. cavicola* sia *T. neglectus* in alcune grotte site al limite dell'area di distribuzione conosciuta.

Le risorse trofiche utilizzate e la dieta sono state studiate in entrambe le specie sulla base dei contenuti stomacali e fecali e con osservazioni in loco (Avesani *et al*., 2009; Di Russo *et al*., 2014b). Sono state identificate tre categorie alimentari: resti di artropodi, vegetali verdi e fibre vegetali. Dall'analisi dei dati si evidenzia una netta diversificazione dello sfruttamento delle risorse trofiche nelle due specie. In *T. cavicola* appare chiara una dominanza della componente animale (artropodi) nella dieta riferita a tutto l'anno, componente animale che raggiunge il 98% se riferita ai soli campioni invernali, al contrario in *T. andreinii* più del 90% dello spettro alimentare è costituito da materiale vegetale, sia riferito a tutto l'anno, sia al solo periodo invernale con percentuali praticamente invariate. Nel complesso la dieta è di tipo onnivoro-saprofago. Nelle popolazioni di *T. cavicola* nel periodo invernale (ecofase ipogea) essa sembra dipendere solamente dalle scarse risorse interne alla grotta (artropodi) e con una notevole riduzione dell'attività trofica. Questo è avvalorato anche dall'alta percentuale di stomaci vuoti che caratterizza i campioni invernali. Al contrario in *T. andreinii* la principale risorsa trofica appare essere il materiale vegetale che domina in ogni campione esaminato, suggerendo lo sfruttamento di tale risorsa durante tutto l'anno con un continuum di uscite e rientri giornalieri in grotta (Di Russo *et al*., 2014b).

Genetica di popolazione, filogenesi e filogeografia

I primi studi di genetica di popolazione hanno riguardato alcune popolazioni delle specie italiane *T. cavicola* e *T. andreinii* allo scopo di valutare i livelli di eterozigosità e i livelli di divergenza genetica intra- e inter-specifici sulla base dei polimorfismi enzimatici (Sbordoni *et al*., 1981; Cobolli Sbordoni *et al*., 1981).

I livelli di divergenza intra-specifici sono risultati molto bassi in *T. cavicola*, facendo presupporre una certa possibilità di flusso genico, facilitato dalle condizioni ambientali esterne compatibili con la vita di questo ortotteri, ma anche dovuto ad una colonizzazione piuttosto recente delle grotte prealpine. Al contrario in *T. andreinii* si riscontrano distanze genetiche relativamente più alte, anche fra grotte distanti pochi chilometri e tali da confermare l'attribuzione ad una sottospecie diversa per le popolazione del Salento (La Greca, 1961). La storia della colonizzazione delle grotte pugliesi è sicuramente molto più antica, e l'ambiente esterno troppo arido e inospitale ha limitato nel tempo gli scambi di individui fra le popolazioni.

In seguito studi più completi su un maggior numero di popolazioni delle tre specie italiane ci hanno permesso di verificare meglio i modelli di flusso genico e le stime di divergenza genetica, di ipotizzare un diverso ruolo tra flusso genico attuale e flusso genico storico, e calibrare le distanze genetiche (Ketmaier *et al*., 2004) .

Successivi studi sono stati fatti utilizzando nuovi

marcatori molecolari, DNA mitocondriale e nucleare, in particolare su *T. neglectus* confrontando popolazioni italiane, balcaniche e centro europee (KETMAIER *et al*., 2010).

Infine nel 2017 raccogliendo tutti i dati noti e analizzando il maggior numero di popolazioni e specie di *Troglophilus* in tutto l'areale di distribuzione del genere ne abbiamo delineato la storia biogeografia su base molecolare (ALLEGRUCCI *et al*., 2017). Sono state analizzate 45 popolazioni ascrivibili a 19 delle 21 specie note, più due popolazioni di Grecia e Croazia da attribuire a due specie nuove in attesa di descrizione.

Le relazioni filogenetiche ricostruite sulla base di tre geni del DNA mitocondriale e due geni del DNA nucleare evidenziano una filogenesi ben supportata con tre cladi principali che rappresentano le linee filetiche Balcanica-Italiana, Anatolica e Greca Insulare (Isole Cicladi e Creta). Ciascuna di queste linee ha subito storie evolutive differenti che sono dipese dagli eventi geologici, paleogeografici e climatici che hanno interessato le diverse aree geografiche. Rimane molto controverso il modello filogeografico delle popolazioni balcaniche occidentali, dove le relazioni fra specie non seguono un modello geografico semplice, ma fanno ipotizzare eventi di colonizzazione ripetuti nel tempo e affinità con taxa in aree disgiunte. Interessante per la fauna italiana la stretta affinità di specie del Montenegro con *T. andreinii* della Puglia, avvalorando l'ipotesi della colonizzazione di questa area durante le connessioni nel Plio-Pleistocene delle opposte coste dell'Adriatico.

Eventi determinanti per la dispersione del genere appaiono essere stati l'apertura del solco Medio-Egeico (12-9 Ma), l'innalzamento dell'altopiano anatolico (10-5 Ma) con il successivo formarsi di quella importante barriera geografica convenzionalmente identificata con la diagonale anatolica, e tutta la serie di movimenti orografici e idrografici che hanno interessato primariamente la penisola balcanica uniti ai cambiamenti climatici Plio-Pleistocenici. Un possibile scenario biogeografico suggerisce che l'attuale distribuzione del genere *Troglophilus* possa essere spiegata da una combinazioni di eventi di dispersione e di vicarianza. La radiazione delle specie si suppone sia iniziata dallo stock primario che popolava le terre egeiche procedendo nel tempo verso oriente in Anatolia e verso occidente nella penisola balcanica.

In conclusione è interessante ricordare la recente pubblicazione di ALLEGRUCCI e SBORDONI (2019) dove viene delineata la filogenesi su base molecolare della famiglia Rhaphidophoridae e ricostruita la storia biogeografia della distribuzione della attuali sottofamiglie. Viene confermata la monofilia del gruppo e la ricostruzione del possibile scenario biogeografico suggerisce che l'attuale distribuzione dei rafidoforidi possa essere spiegata da una serie di eventi di dispersione e di vicarianza che avrebbero interessato le popolazioni ancestrali.

La radiazione dei rafidoforidi iniziò dalla frammentazione della Pangea; si evidenziano due linee filetiche ancestrali, una meridionale e una settentrionale che seguirono rispettivamente la storia paleogeografica della Gondwana e della Laurasia. La linea meridionale segui la frammentazione del supercontinente gondwaniano, mentre la linea settentrionale a causa dell'apertura dell'Oceano Atlantico si suddivise nei due contingenti attuali del Nord America e della regione mediterranea europea. Successivi eventi di dispersione interessarono la regione asiatica-australe, con diffusione di specie dall'Australia alla regione orientale asiatica, come dimostrano la condivisione fra questi territori di alcune sottofamiglie. Questi fenomeni fanno ipotizzare che la dipendenza alla vita in ambienti sotterranei di questa famiglia sia un adattamento piuttosto recente, mentre le popolazioni antiche probabilmente utilizzavano le grotte come rifugio solo nei periodi climatici sfavorevoli (ALLEGRUCCI e SBORDONI, 2019).

RINGRAZIAMENTI

Questo sintetico quadro della storia evolutiva del genere *Troglophilus* deriva dal riassunto di una serie di ricerche sul campo e in laboratorio che sono state svolte da il gruppo di ricercatori che hanno operato nel tempo a questi progetti, in particolare V. Sbordoni e E. De Matthaeis con i quali abbiamo iniziato, e a seguire G. Allegrucci, V. Ketmaier, M. Rampini, C. Di Russo, L. Latella e il gruppo del Museo di Verona, S.M. Taylan e numerosi altri collaboratori e studenti, ai quali va il mio sentito ringraziamento.

BIBLIOGRAFIA

ALLEGRUCCI G., SBORDONI V., 2019 - *Insights into the molecular phylogeny of Rhaphidophoridae, an ancient, worldwide lineage of Orthoptera.* - Mol. Phylogenet. Evol., 138: 126-138.

ALLEGRUCCI G., KETMAIER V., DI RUSSO C., RAMPINI M., SBORDONI V., COBOLLI M., 2017 – *Molecular phylogeography of* Troglophilus *cave crickets (Orthoptera, Rhaphidophoridae): A combination of vicariance and dispersal drove diversification in the East Mediterranean region*. – J. Zool. Syst. Evol. Res., 00: 1-16.

AVESANI D., POIESI M., RAMPINI M., LATELLA L., DI RUSSO C., COBOLLI M., 2009 – *Biologia ed ecologia di* Troglophilus cavicola *(Kollar, 1833) della Grotta Damati sui Monti Lessini Veronesi (Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Bollettino del Museo Civico di Storia naturale di Verona, 33: 113-120.

BACCETTI B.,1961 – *Cariologia di popolazioni partenogenetiche e bisessuate di* Troglophilus cavicola *Koll. (Ins. Orthopt.) (Notulae orthopterologicae.X*V). In:

Verhandlungen XI Internationaler Kongress für Entomologie, Wien 1960, Strouhal H., Beier M. Eds, Bd 1, pp. 418-422.

Baccetti B., Capra F., 1970 – *Notulae Orthopterologicae. 26. Osservazioni faunistiche e cariologiche sui* Troglophilus *italiani*. - Rass. Spel. It., 21: 1-15.

Bernardini C., Di Russo C., Rampini M., Cesaroni D., Sbordoni V., 1997 – *A recent colonization of* Dolichopoda *cave crickets in the Poscola cave (Orthoptera Rhaphidophoridae*). - Int. J. Speleol., 25: 15-31.

Bonelli M., Messinetti S., Spreafico F., 2019 - *New insights on* Troglophilus *(Orthoptera: Rhaphidophoridae) species distribution in the westernmost area of their main range (Northern Italy).* - Bulletin of Insectology, 72 (1): 103-114.

Capra F., 1951 – *Il* Troglophilus *Kollar in Lombardia*. – Mem. Soc. Ent. Ital., 30: 141-144.

Cobolli M., Ketmaier V., De Matthaeis E., Di Russo C., Marsili D., Rampini M., 1999 – *Sistematica biochimica e rapporti evolutivi fra popolazioni e specie del genere* Troglophilus *nella penisola Anatolica (Orthoptera)*. - Biogeographia, 20: 201-211.

Cobolli Sbordoni M., Allegrucci G., Caccone A., Cesaroni D., De Matthaeis E., Sbordoni V., 1981 – *Variabilità genetica in popolazioni cavernicole del genere* Troglophilus *(Orthoptera, Rhaphidophoridae): influenza di fattori stocastici e deterministici*. – S.IT.E/ATTI 1, ed. Zara: 269-272.

Di Russo C., Rampini M., 2005 – *Primi dati sull' ecologia di popolazione di* Troglophilus andreinii *(Orth.: Rhaphidophoridae) della grotta Tranese di Putignano (Bari*). – Grotte e Dintorni, 5 (9): 61-68.

Di Russo C., Rampini M., Landeck I., 2007 – *The cave crickets of Northeast Turkey and Transcaucasian regions, with descriptions of two new species of the genera* Dolichopoda *and* Troglophilus *(Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Journal of Orthoptera Research, 16(1): 67-76.

Di Russo C., Rampini M., Latella L., Cobolli M., 2008 – *Studi di biologia di popolazione in* Troglophilus *delle grotte italiane (Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. - Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, (2) 21: 96-102.

Di Russo C., Rampini M., Cobolli M., 2014a – *The cave crickets of Greece: a contribution to the study of Southern Balkan Rhaphidophoridae diversity (Orthoptera), with the description of a new species of* Troglophilus *Krauss, 1879*. – Biodiversity Journal, 5 (3): 397-420.

Di Russo C., Rampini M., Latella L., Cobolli M., 2014b – *Measurements of the diet in two species of* Troglophilus *Krauss, 1879 cave crickets from Italian subterranean habitats (Orthoptera, Rhaphidophoridae*). – Subterraean Biology, 13: 45-54.

Hubbel T.H., Norton R.M., 1978 – *The systematic and biology of the cave-crickets of the North-American tribe Hadenoecini (Orthoptera Saltatoria: Rhaphidophoridae: Dolichopodinae)*. – Museum of Zoology, University of Michigan, 156: 1-8, 81-85.

Karaman I., Hammouti N., Pavićević D., Kiefer A., Horvatović M., Seitz A., 2011 – *The genus* Troglophilus *Krauss, 1879 (Orthoptera: Rhaphidophoridae) in the West Balkans*. – Zoological Journal of the Linnean Society, 163: 1035-1063.

Kastberger G., 1982 – *Evasive behavior in the cave-cricket*, Troglophilus cavicola. - Physiological Entomology, 7: 175-181.

Kaya S., Boztepe Z., Çiplak B., 2013 – *Phylogeography of* Troglophilus *(Orthoptera: Troglophilinae) based on Anatolian members of the genus: radiation of an old lineage following the Messinian*. – Biological Journal of the Linnean Society, 108: 335-348.

Ketmaier V., Cobolli M., De Matthaeis E., Rampini M., 2000 – *Biochemical systematics and patterns of genetic divergence between the* Troglophilus *species of Crete and Rhodos (Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Belg. J. Zool., 130 (Supplement): 51-55.

Ketmaier V., De Matthaeis E., Cobolli M., 2004 – *Pattern of gene flow and genetic divergence in the three Italian specie of the cave cricket genus* Troglophilus *(Orthoptera, Rhaphidophoridae): allozyme data*. – Subterranean Biology, 2: 15-26.

Ketmaier V., Di Russo C., Rampini M., Cobolli M., 2010 – *Genetic divergence in the cave cricket* Troglophilus neglectus *(Orthoptera, Rhaphidophoridae): mitochondrial and nuclear DNA data*. – Subterranean Biology, 7: 25-33.

Kollar, 1833 - *Systematisches Verzeichnis der im Erzherzogtum Österreich vorkommenden geradflügeligen Insecten. Beiträge zur Landeskunde von Österreich ob der Enns*. - Beitr. Landesk. Österr. Enns., 3: 67-87.

Krauss H., 1879 – *Die Orthopteren-Fauna Istriens*. – S.B. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat., 78 (1): 451-544.

La Greca M., 1961 – *La differenziazione subspecifica in* Troglophilus andreinii *Capra (Orthoptera, Rhaphidophoridae*). – Boll. Soc. Entomol. Ital., 91: 86-90.

Latella L., Mezzanotte E., Rampini M., 2002 – *Ricerche sugli ortotteri cavernicoli dei Covoli di Velo.* Quaderno Culturale – La Lessinia di ieri, oggi e domani, 25: 113-116.

Novak T., Kustor V., 1983 – *On* Troglophilus *(Rhaphidophoridae, Saltatoria) from North Slovenia (YU). Preliminary note.* - Mém. Biospeleol., 10: 127-137.

Pehani S., Virant-Boberlet M., Jeram S., 1997 – *The life cycle of the cave cricket* Troglophilus neglectus *Krauss with note on* T. cavicola *Kollar (Orthoptera: Rhaphidophoridae*). – The Entomologist, 116 (3): 224-238.

Rampini M., Di Russo C., 2003a – *Una nuova specie di* Troglophilus *di Turchia (Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Fragmenta entomologica, 34(2): 235-247.

Rampini M., Di Russo C., 2003b – *Una nuova specie del genere* Troglophilus *Krauss, 1879 (Orthoptera, Rhaphidophoridae) delle Cicladi, Grecia.* – Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 27 (Botanica Zoologia): 23-29.

Sbordoni V., Allegrucci G., Caccone A., Cesaroni D., Cobolli Sbordoni M., De Matthaeis E., 1981 – *Genetic variability and divergence in cave populations of* Troglophilus cavicola *and* T. andreinii *(Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Evolution, 35(2): 226-233.

Taylan S.M., Di Russo C., Rampini M., Cobolli M., 2011 – *The Dolichopodainae and Troglophilinae cave crickets of Turkey: an update of taxonomy and geographic distribution (Orthoptera, Rhaphidophoridae)*. – Zootaxa, 2829: 59-68.

Taylan S.M., Di Russo C., Cobolli M., Rampini M., 2012 – *New species of the genus* Troglophilus *Krauss, 1879 (Orthoptera: Rhaphidophoridae) from Western and Southern Anatolian caves, Turkey.* – Zootaxa, 3597: 33-40.

Taylan S.M., Di Russo C., Rampini M., Ketmaier V., 2013 – *Molecular systematics of the genus* Troglophilus *(Rhaphidophoridae, Orthoptera) in Turkey: mitochondrial 16S rDNA evidences.* – ZooKeys, 257: 33-46.

62 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 63-72

RELAZIONI DEI DITTERI TEFRITIDI CON I BATTERI SIMBIONTI DEL TRATTO INTESTINALE

LUCA MAZZON [a] - ISABEL MARTINEZ-SAÑUDO [a] -VINCENZO GIROLAMI [a]

[a] *Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente - DAFNAE, Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD).* Corrispondente: lmazzon@unipd.it
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 giugno 2019

Relationships between tephritid flies and the symbiotic bacteria of the intestinal tract

Associations between insects and bacteria are widely observed in nature. Since most of the bacterial symbionts are not culturable, their characterization and taxonomical placement has had to wait until the advent of biomolecular techniques that have enabled 16S rRNA-based taxonomy.

The Tephritidae family, commonly called fruit flies, are mostly known for including important agricultural pests. Host-symbiont associations are common in species of this family and they can be divided into two large categories: i) facultative associations represented by free-living bacteria acquired from the environment or ii) obligate host-symbiont associations with non-culturable bacteria, vertically transmitted from mother to offspring. This hereditary symbiosis is present in the olive fly *Bactrocera oleae* as well as in all flies belonging to the tribe Tephritini (subfamily Tephritinae). In the Trypetinae subfamily, harbouring facultative bacteria, it has been shown that bacteria are absent in first and second instar larvae while the third instar larvae can acquire microorganisms by piercing the fruit surface. In addition, regardless of the symbiosis type, there is an intimate mechanism by which bacteria can be transmitted from larva to adult through the pupal stage.

KEY WORDS: symbiosis, bacteria, oesophageal bulb, Enterobacteriaceae, fruit flies.

INTRODUZIONE

La famiglia dei Tephritidae, nota per comprendere alcune specie dannose di importanza economica, rappresenta un vasto gruppo di ditteri ciclorrafi genericamente conosciuti come fruit flies. La sistematica della famiglia è stata molto dibattuta e ha conosciuto approfondimenti successivi. Ad oggi la famiglia conta circa 5000 specie e 500 generi (NORRBOM *et al*., 1999; WHITE, 2006; KORNEYEV, 2014). Dal punto di vista filogenetico è stata suddivisa in due cluster definiti rispettivamente come "Lower Tephritidae" e "Higher Tephritidae" (KORNEYEV, 1999). I Lower Tephritidae raggruppano le sottofamiglie considerate più primitive (Phytalmiinae, Blepharoneurinae, Tachiniscinae). Si tratta di tefritidi la cui biologia è poco nota, per lo più saprofagi o saproxilici e con alcuni esempi di parassitoidismo (NORRBOM e CONDON, 1999). Gli Higher Tephritidae comprendono sottofamiglie di importanza economica (Dacinae, Trypetinae, Tephritinae). In questa linea, separatesi precocemente dalla precedente, si assiste al passaggio dalla saprofagia alla fitofagia reso possibile, secondo alcuni autori, dal rapporto che questi gruppi hanno instaurato con i batteri (DÌAZ-FLEISCHER *et al.,* 1999; BEN-YOSEF *et al.,* 2015).

In passato, gli studi dei rapporti tra microrganismi ed insetti, erano principalmente basati su tecniche di microscopia e mirati alla definizione delle caratteristiche morfo-istologiche del microorganismo e delle strutture adibite ad ospitarlo. Una importante sintesi sulla simbiosi è riportata da BUCHNER (1965) nel suo trattato. Tuttavia, poiché la maggior parte dei simbionti procariotici non sono coltivabili *ex situ*, per la definizione della loro posizione tassonomica, si è dovuto attendere l'avvento delle tecniche molecolari basate soprattutto sullo studio del gene batterico 16S rRNA.

Per quanto riguarda i tefritidi esiste un'ampia letteratura che documenta la propensione di questa famiglia di ditteri ad ospitare specie batteriche nel proprio tratto digerente, sia allo stadio larvale che adulto (BEHAR *et al*., 2008). Questa interazione tra tefritidi e batteri può essere suddivisa in due categorie: i) con comunità batteriche rappresentate da specie *free-living* che vengono acquisite, dalla larva e dall'adulto, dall'ambiente di vita oppure ii) con batteri ereditabili e specie-specifici che di regola hanno perso la capacità di vivere al difuori del corpo dell'ospite.

TEFRITIDI E BATTERI ASSOCIATI

Gli studi sulle comunità batteriche associate ai tefritidi iniziarono decisamente intorno alla metà degli anni '80, con approcci tradizionali di microbiologia prima e molecolari poi, interessando specie carpofaghe. L'associazione con batteri del tratto intestinale, definiti

– Pubblicato marzo 2020

genericamente simbionti, è documentato in varie specie di Dacinae e Trypetinae. Tra i *taxa* batterici più frequentemente isolati dal tratto intestinale larvale, dell'adulto e spesso anche dalla polpa del frutto attaccato, figurano i generi *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Pantoea* (Lloyd *et al*., 1986; Drew e Lloyd, 1987; Daser e Brandl, 1992; Marchini *et al*., 2002; Behar *et al*., 2008). Questi microrganismi sono di regola ospitati all'interno del lume mesointestinle ma anche a livello di un diverticolo faringeo dell'intestino anteriore, detto bulbo esofageo presente, anche se con forme e dimensioni diverse, negli adulti di tutte le specie della famiglia Tephritidae (Girolami, 1973; Rossiter *et al*., 1983).

A testimoniare la propensione dei Tephritidae ad acquisire i batteri dall'ambiente ed ad ospitarli nel proprio tratto intestinale è la condivisione di alcune specie batteriche con il filloplano (Belcari *et al*., 2003). Il tratto intestinale risulta quindi di regola colonizzato da una varia comunità batterica di specie *free-living* acquisite orizzontalmente dall'ambiente dalla larva e dall'adulto. Tali batteri definiti "associated bacteria" sono considerati da alcuni autori facoltativi (Drew e Lloyd, 1991) ma assumono con ogni probabilità un ruolo importante nella vita dell'insetto (Lauzon, 2003) e secondo alcuni autori nella capacità, per alcune specie invasive, di colonizzare nuovi areali (Liu *et al*., 2016).

In alcuni tefritidi è stata dimostrata la possibilità di trasmissione di specie batteriche *free-living*, acquisite allo stadio larvale, all'adulto (Martinez-Sañudo *et al*., 2011). Ciò evidenzierebbe la presenza di intimi meccanismi che consentirebbero la permanenza dei microrganismi nella fase pupale e in grado quindi di superare l'importante fase di riorganizzazione del corpo dell'insetto che avviene nel corso della metamorfosi.

Tefritidi e batteri ereditari

Alcune specie o gruppi tassonomici di tefritidi, oltre ad ospitare nel proprio tratto intestinale una comunità batterica acquisita dall'ambiente, hanno instaurato un rapporto con batteri specie-specifici ed ereditari. In tal caso la specie batterica ha perso la capacità di vivere autonomamente al di fuori del corpo dell'ospite e viene trasmessa quindi verticalmente dalla madre alla prole.

Il primo e più noto esempio di simbiosi ereditaria nei tefritidi fu descritto da Petri (1909) in tutti gli stadi di vita, della mosca delle olive *Bactrocera oleae* (Rossi). Lo stesso autore attribuì il simbionte alla specie "*Bacterium*" (*Pseudomonas*) *savastanoi* Smith, non escludendo che potesse trattarsi di un batterio non coltivabile. Recentemente, il simbionte è stato designato come *Candidatus* Erwinia dacicola (Capuzzo *et al*., 2005). Successivi studi hanno evidenziato in *E. dacicola* una notevole omogeneità genetica ed un genoma di dimensione inferiore rispetto a quello dei più affini *free-living* (Savio *et al*., 2012; Mazzon *et al*., 2016; Estes *et al*., 2018).

Le conoscenze acquisite sulla relazione *E. dacicola-B. oleae* hanno stimolato le ricerche sulle simbiosi ereditarie, in altri gruppi di Tephritidae ed in particolare, nella sottofamiglia Tephritinae, dove in otto generi era stata descritta dallo zoologo Hans-Jürgen Stammer, la presenza di batteri localizzati all'interno di strutture specializzate del mesointestino (Stammer, 1929).

La sottofamiglia Tephritinae, ritenuta la più specializzata dei Tephritidae, comprende circa 200 generi con oltre 1.800 specie provenienti da tutte le regioni zoogeografiche (Norrbom *et al*., 1999; Korneyev, 1999; Merz, 1999). Infestando prevalentemente i capolini delle Asteraceae, di regola, questi tefritidi non sono di importanza economica e per tale motivo sono poco studiati (Straw, 1989; Headrick e Goeden, 1998) (Fig. 1). Alcune specie sviluppandosi a spese dell'organo riproduttore della pianta, sono state testate come possibili agenti di controllo biologico per le erbe infestanti (Zwölfer, 1983).

Stammer (1929) riporta che nelle specie della sottofamiglia da lui studiate, i simbionti nell'adulto sono localizzati nel primo tratto del mesointestino ma, come riportato poi da Girolami (1983), nello spazio compreso tra epitelio e membrana peritrofica, pertanto non in contatto con il bolo alimentare. In questo tratto, il mesointestino presenta un diametro maggiore e l'epitelio evidenzia delle evaginazioni che, nei vari generi della sottofamiglia, possono avere forme e dimensioni diverse. Alcune di queste strutture, adibite ad ospitare i batteri simbionti, sono state descritte da Stammer (1929) per alcuni *taxa*. I generi *Tephritis* e *Trupanea* presentano delle cripte distribuite su gran parte del mesointestino, in *Acanthiophilus helianthi* sono presenti evaginazioni più voluminose su solo un lato del mesointestino mentre in *Sphenella marginata* sono presenti voluminose evaginazioni bilobate (Fig. 2) (Mazzon *et al*., 2011).

Nelle specie della sottofamiglia Tephritinae per le quali è stata descritta la presenza di una simbiosi, a differenza di quello di *B. oleae*, il bulbo esofageo appare di taglia ridotta e privo di batteri (Girolami, 1973; 1983). In queste specie, come in *B. oleae*, è nota la presenza di batteri a livello dell'ovopositore che, contaminando il corion al momento dell'ovideposizione, consentono la trasmissione verticale. Sul corion, i batteri sono stati rilevati per lo più opposti al micropilo e parzialmente incorporati in uno strato mucillaginoso (Fig. 3). Come in *B. oleae*, i batteri sono poi mantenuti nei successivi stadi larvali nei ciechi gastrici.

Gli studi di Stammer sulla sottofamiglia sono stati

Fig. 1 – *Tephritis separata* su *Picris hieracioides* e *Campiglossa difficilis* su *Taraxacum* sp. (tribù Tephritini).

successivamente ampliati mediante test di coltivabilità *ex situ* dei simbionti e l'applicazione di tecniche molecolari e analisi filogenetiche (Mazzon *et al*., 2008; 2010). In seguito gli studi sono stati allargati alle specie di Tephritinae endemiche dell'arcipelago delle Hawaii (Viale *et al*., 2015).

Sono state studiate oltre 30 specie paleartiche della sottofamiglia Tephritinae suddivise in cinque tribù. Le analisi del DNA mitocondriale delle specie hanno permesso di costruire un albero filogenetico che evidenzia, in accordo con Han *et al*. (2006), la monofilia della sottofamiglia e la presenza di 4 gruppi monofilettici corrispondenti alle tribù Tephritini, Myopitini, Xyphosiini e Terelliini. La rimanente tribù studiata (Noeetini) invece non presenta supporto statistico se si considera anche la specie *Ensina sonchi* (Fig. 4) (Mazzon *et al*., 2010). È interessante sottolineare che, la presenza di batteri simbionti e di strutture adibite ad ospitarli è stata descritta per la totalità delle specie paleartiche studiate appartenenti alla tribù Tephritini (Stammer, 1929; Mazzon *et al*., 2008) e in 15 specie endemiche dell'arcipelago delle Hawaii (Viale *et al*., 2015). Una simbiosi simile è stata individuata nella tribù Noeetini nel genere *Noeeta* ma non nel genere *Ensina* anche se appartenente alla medesima tribù. Al contrario nelle tribù Myopitini, Xyphosiini e Terelliini non sono stati rinvenuti batteri nello spazio esterno alla peritrofica. Inoltre, in queste tribù l'epitelio mesontestinale appare liscio e non presenta invaginazioni o strutture analoghe a quelle presenti nella tribù Tephritini.

Appare evidente come la presenza di una simbiosi obbligata sia connessa in primo luogo alla tribù Tephritini, considerata la più ampia tra le tribù della sottofamiglia.

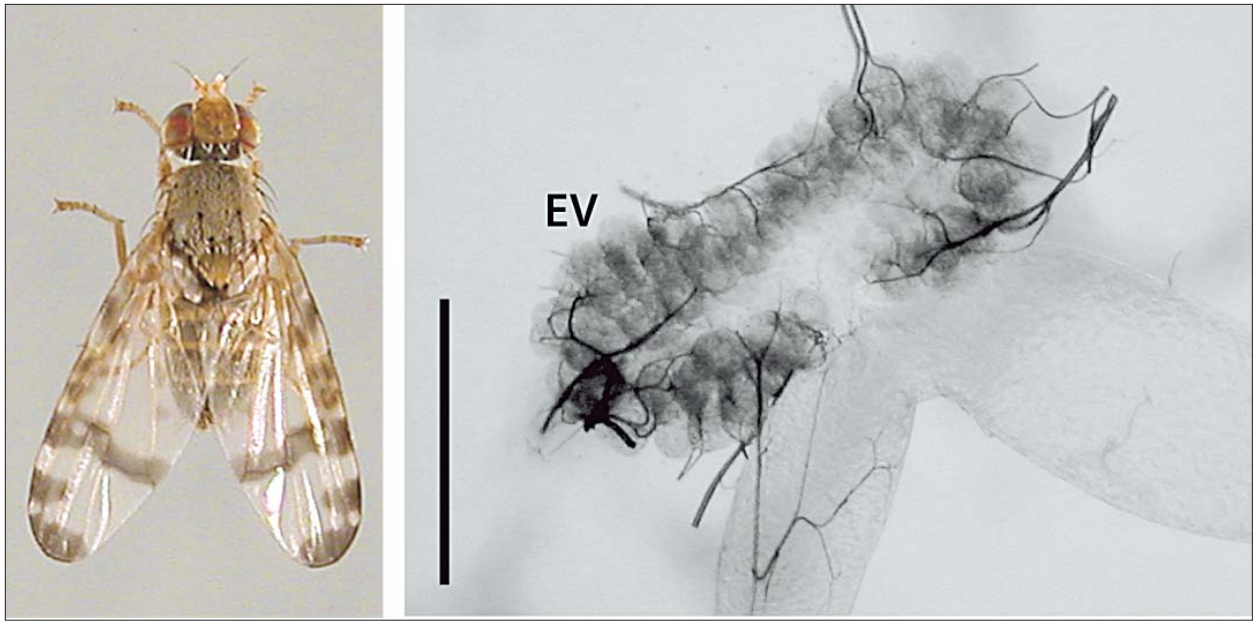


Fig. 2 – Strutture dell'epitelio meso-intestinale adibite ad ospitare i batteri simbionti in *Sphenella marginata,* Barra = 0,5 mm. EV= evaginazioni dell'intestino ripiene di batteri.

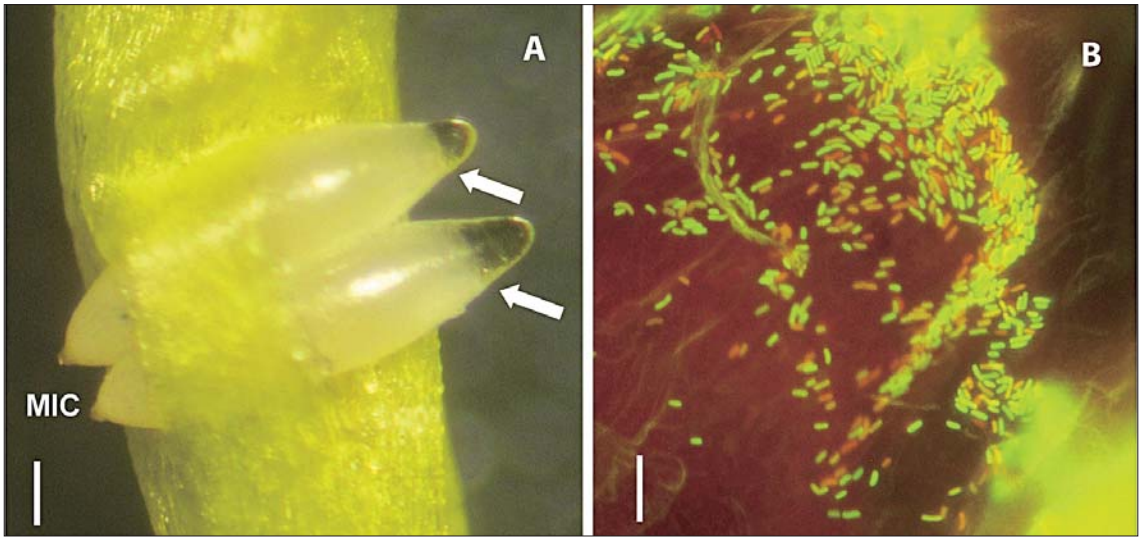


Fig. 3 - (A, B) Saggi al microscopio a luce fluorescente su uova di *Tephritis matricariae* (BacLight bacterial viability). I batteri possono essere osservati nel corion delle uova principalmente nel polo opposto al micropilo. MIC= micropilo. Barra = 100 μm (A) e 10 μm (B).

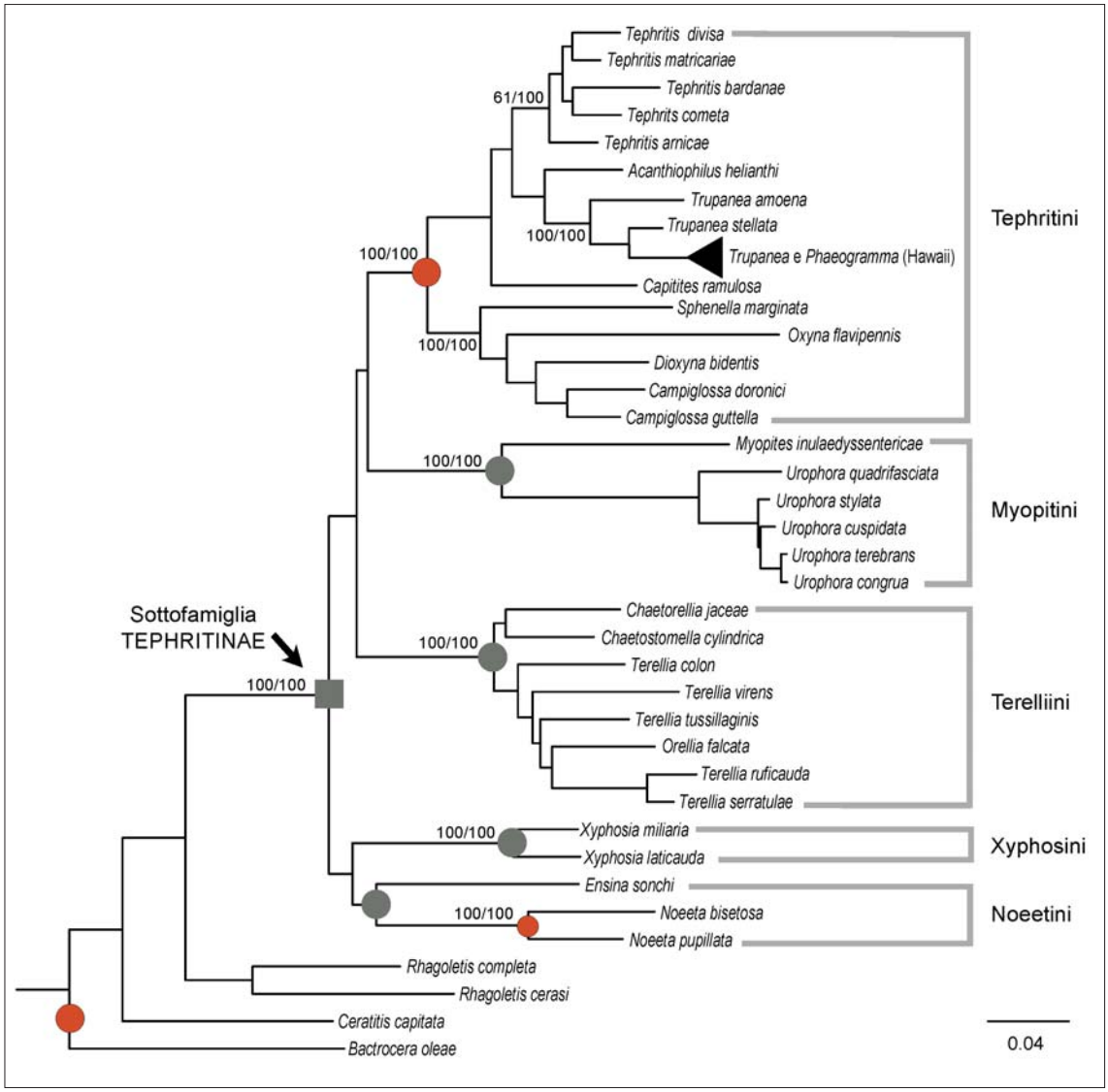


Fig. 4 – Ricostruzione filogenetica delle specie studiate appartenenti alla sottofamiglia Tephritinae (16S rDNA + COI-tRNALeu-COII). I nodi dei gruppi tassonomici per i quali è stata rilevata la presenza di simbiosi sono evidenziati in rosso. Il primo numero su ciascun ramo indica il valore di bootstrap probability (Bp - ML analysis) e il secondo numero indica il valore di posterior probability (Pp - Bayesian analysis).

Sarebbe interessante approfondire i motivi per cui, nonostante il legame con le Asteraceae sia comune a tutte le tribù, gli eventi evolutivi hanno condotto la tribù Tephritini ad ospitare simbionti ereditari. Il lungo processo di coevoluzione avrebbe poi portato alla reciproca dipendenza e alla specificità attualmente riscontrabile con le analisi genetiche. Va infatti riportato che, quasi tutte le specie della tribù, sono associate ad una specifica sequenza del 16S rRNA batterico (circa 1300 bp). Esistono interessanti singoli casi di specie congeneri, o filogeneticamente affini, che possono condividere la stessa sequenza batterica (es. *Tephritis postica*, *T. hendeliana* e *T. hyoscyami* oppure *Trupanea stellata* e *Capitites ramulosa*) (Mazzon *et al*., 2008; 2011). Il fallimento dei tentativi di coltivazione *ex situ* sottolinea che tali batteri, nonostante conducano una esistenza extracellulare, sembrano aver perso la capacità di vita autonoma all'esterno del corpo dell'ospite (Mazzon *et al*., 2008).

La classificazione convenzionale include la tribù Tephritini nel complesso monofilettico delle "Higher Tephritinae" insieme alle tribù Dithrycini, Eutretini, Schistopterini, Acrotaeniini e Tephrellini (Korneyev *et al*., 1999). Sarebbe interessante estendere le indagini a tali tribù, considerate le più evolute e derivate dalle "Lower Tephritinae". Con l'eccezione della tribù Noeetini, l'assenza di simbiosi obbligate nelle "Lower Tephritinae" (Myopitini, Xyphosiini e Terelliini) lascerebbe pensare che la simbiosi si sia avviata, successivamente alla separazione dei Tephritini, in seguito ad un unico evento di acquisizione da parte dell'antenato comune della tribù con successiva radiazione adattativa e coevoluzione. Un evento separato e indipendente sarebbe stato quello che ha coinvolto il genere *Noeeta*. Questo scenario evidenzia che, la distribuzione della simbiosi batterica tra le varie tribù e generi, potrebbe diventare un utile strumento per chiarire alcuni dibattuti aspetti riguardanti le relazioni filogenetiche tra i membri della sottofamiglia.

Tutte le sequenze ottenute dall'analisi genetica dei batteri del mesointestino della tribù Tephritini ricadono all'interno della famiglia Enterobacteriaceae (Gammaproteobacteria). Tali sequenze si radunano in un unico clade monofilettico (Fig. 5). Sulla base di queste caratteristiche è stato designato il genere *Candidatus* Stammerula sp. in cui sono state incluse tutte le sequenze batteriche associate alla tribù Tephritini. All'interno di questo clade ricadono due sub-clades estremamente coerenti, le cui rispettive sequenze condividono una somiglianza maggiore del 99%. I rappresentanti di questi due sub-clades sono stati designati rispettivamente come *Ca.* Stammerula tephritids, che rappresenta la specie batterica associata al genere *Tephritis,* e *Ca.* Stammerula trupaneae, che rappresenta la specie batterica associata al genere *Trupanea*, *Phaeogramma* e *Capitites* (Mazzon *et al*., 2008; Viale *et al*., 2015). Va evidenziato che due specie di Tephritini (*Campiglossa guttella* e *Dioxyna bidentis*) hanno mostrato simbionti diversi da *Ca.* Stammerula ma filogeneticamente vicini a *Ca.* E. dacicola e al *free-living Erwinia persicina* (Fig. 5) (Mazzon *et al*., 2008). Anche se questi casi particolari dovranno essere confermati, si può ipotizzare che, la presenza di batteri geneticamente diversi in queste specie, possa essere il risultato di sostituzioni accidentali del simbionte originario. È probabile che eventi di questo tipo possano essersi verificati con una certa frequenza nel corso della storia evolutiva dei vari *taxa*. Va ricordato che i simbionti ereditari dei tefritidi, anche se ospitati e protetti in strutture specializzate, conducono comunque una esistenza extracellulare e come tali, in linea teorica, maggiormente suscettibili di sostituzioni con microbi estranei, rispetto a quanto può accadere per un simbionte endocellulare. Del resto il ciclo di vita dei fruit flies prevede che gran parte dell'esistenza sia condotta a stretto contatto con la pianta ospite, sia come uovo che come larva e anche come adulto dato che le sue abitudini alimentari prevedono anche l'utilizzo di generici batteri del filloplano come fonti proteiche (Drew *et al.,* 1983; Sacchetti *et al.,* 2008). Queste caratteristiche aumenterebbero le chance di eventi perturbativi, quali perdite e sostituzioni con altri batteri, aggirando così il rigido modello di trasmissione verticale, come del resto evidenziato in altri modelli ospite-simbionte (Lefèvre *et al*., 2004). Tuttavia la trasmissione verticale rimane il meccanismo di base in grado di spiegare la significativa congruenza filogenetica ospite-simbionte emersa (Mazzon *et al*., 2010).

Un evento minore riguarda la tribù dei Noeetini (genere *Noeeta*), i cui simbionti hanno omologia con la specie *free-living Ewingella americana* e presentano una posizione filogenetica piuttosto lontana da quella dei simbionti della tribù Tephritini denotando così una storia evolutiva diversa e indipendente (Mazzon *et al*., 2008). Tale rinvenimento avrà bisogno di ulteriori approfondimenti.

Si possono individuare quindi tre eventi indipendenti di acquisizione di una simbiosi ereditaria nei fruit flies. Il primo a carico del progenitore della tribù Tephritini, il secondo da parte del progenitore del genere *Noeeta* ed il terzo da parte di *B. oleae*. Questi eventi di acquisizione sottolineerebbero la propensione dei Tephritini a stabilire e a mantenere rapporti simbiotici con le Enterobacteriaceae.

Trasmissione ed acquisizione di batteri intestinali nei ditteri

Nonostante la non coltivabilità dei simbionti, il ciclo di trasmissione venne chiarito in tutti i passaggi fon-

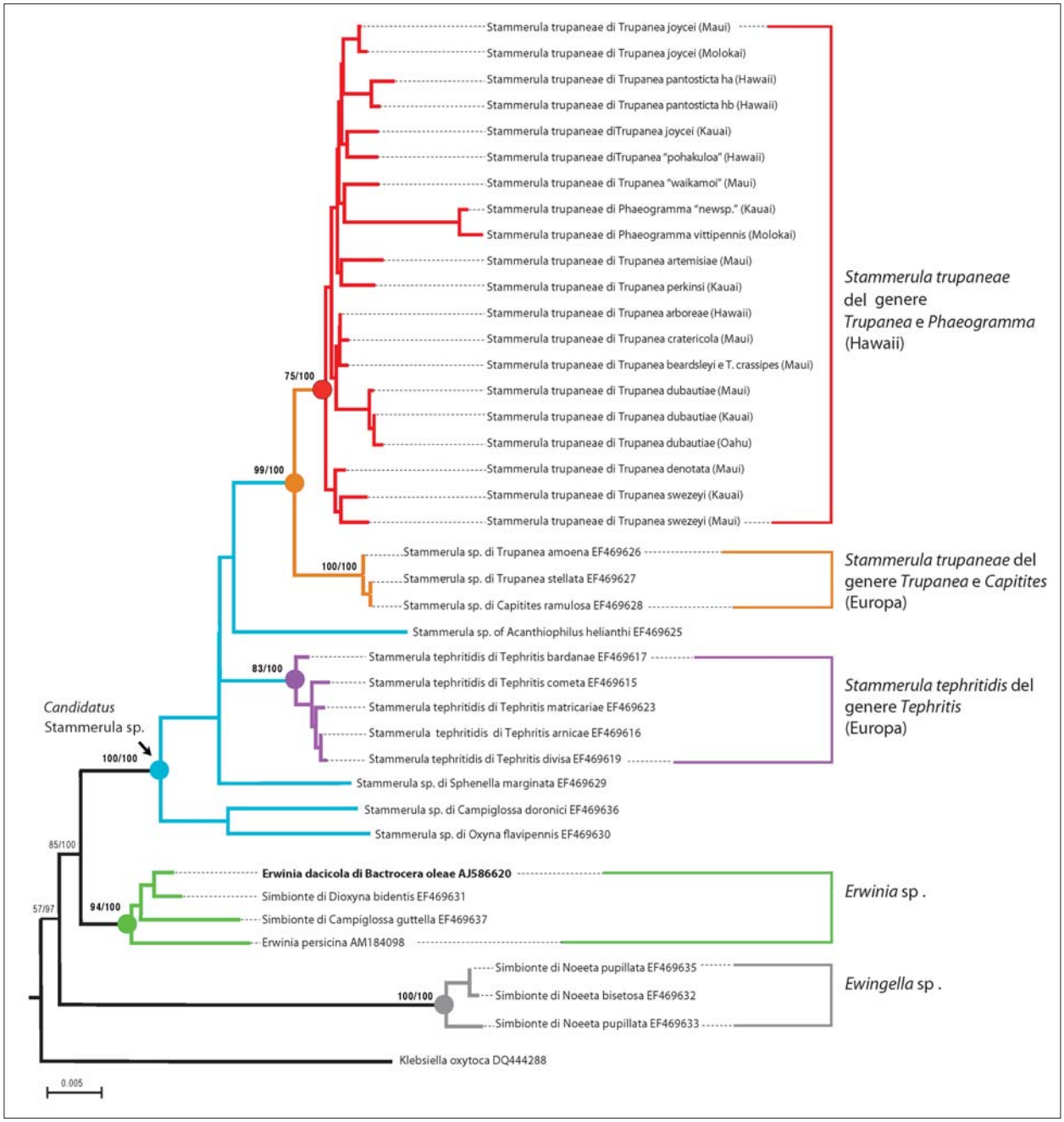


Fig. 5 – Ricostruzione filogenetica dei simbionti batterici rinvenuti nella sottofamiglia Tephritinae basata sul 16S rRNA (1324 bp). Maximum Likelihood (ML) and Bayesian inference (BI) analyses.

damentali, uovo-larva-adulto da PETRI (1909) in *B. oleae*:

– Nell'adulto i simbionti si moltiplicano nel bulbo esofageo dal quale si riversano nello stomodeo e nel mesentero, in masse compatte. Al centro delle masse, è stata dimostrata l'esistenza, di agglomerati membranosi di origine entomatica, prodotti nel bulbo esofageo (GIROLAMI, 1983). Nelle specie esaminate tali agglomerati vengono prodotti in ragione di circa 10 al giorno (PISCEDDA e GIROLAMI, 2005).
– I batteri presenti anche nell'ovopositore infettano il corion dell'uovo al momento dell'ovideposizione raggiungendo successivamente i ciechi gastrici e il lume mesointestinale delle larve.
– Nella larva matura, al momento della muta, i batteri dei ciechi gastrici e del lume mesointestinale vengono spinti all'interno del lume stomodeale, la cui intima si chiude a livello della valvola cardiaca trattenendo i batteri in un involucro sacciforme che li isola dai circostanti tessuti. Le ulteriori contrazioni dell'intima stomodeale portano parte dei batteri a confluire attorno all'apparato cefalofaringeo.

Secondo Petri in *B. oleae* i batteri dall'apparato cefalofaringeo vengono poi espulsi all'esterno attraverso

la bocca, ma comunque una piccola quantità di batteri permane, consentendo la trasmissione all'adulto farato. Petri non ricostruisce l'*iter* preciso di trasmissione, non riuscendo a individuare l'ubicazione dei simbionti nella fase centrale dello sviluppo pupale: dimostra, tuttavia, che esistono nella larva e prepupa e poi ricompaiono nell'adulto.

Trasmissione dei batteri della larva all'adulto attraverso la fase pupale

I batteri che dal lume mesointestinale larvale vengono sospinti nel lume stomodeale e fatti confluire attorno all'apparato cefalofaringeo non vengono in realtà espulsi, ma rimangono confinati all'interno del pupario e all'esterno della pupa (in tutti i ditteri brachiceri esaminati). Le diverse fasi si possono così riassumere:

– Al momento della muta tra larva matura (Fig. 6A) e prepupa [o quarta larva secondo GRANDI (1966)] (Fig. 6B), l'apertura boccale larvale si ritrae all'interno del corpo agganciata agli uncini dell'apparato boccale. Il tegumento si restringe al di sopra dell'apparato boccale isolando la prepupa dall'ambiente esterno e da eventuali contaminazioni o fuoriuscite batteriche. La massa di batteri provenienti dal *mesenteron* rimane attorno all'apparato cefalofaringeo e la restante parte dell'intima stomodeale. Queste strutture sono poco visibili all'interno della prepupa in quanto attorniate da tessuti che le tengono lontane dal tegumento del pupario.
– Dopo due giorni a 22-25 °C dalla sua formazione, la prepupa si trasforma in prima pupa che presenta gli abbozzi delle strutture dell'adulto con un capo tondeggiante circondato da una spessa cuticola trasparente che isola la prima pupa stessa dai batteri, confinati nei vecchi annessi boccali (Fig. 6C). Tali annessi rimangono fissati a livello del restringimento boccale del pupario e, sotto la pressione del capo in formazione, vengono sospinti con il loro carico batterico verso il tegumento nella parte inferiore del capo. I batteri rimangono pertanto isolati dall'ambiente esterno ad opera di tre membrane, rispettivamente, il tegumento del pupario, l'esuvia della larva matura e l'esuvia della prepupa; e dall'ambiente interno della pupa ad opera del tegumento del capo in formazione (Fig. 6D).
– Nell'adulto farato i batteri restano vivi attorno agli annessi boccali (Fig. 6E). La vitalità di tali batteri è stata testata in fluorescenza (BacLight bacterial viability).
– I batteri, al momento dello sfarfallamento, verranno assunti dall'adulto in seguito alla frammentazione del pupario.

L'impiego di batteri fluorescenti geneticamente modificati ha consentito di dimostrare anche che tale processo non è proprio solo di *B. oleae*, ma è riscontrabile anche in tutti gli altri Tephritidae sinora esaminati, quali in particolare *Rhagoletis completa* e *Ceratitis capitata* (MARTINEZ-SAÑUDO *et al*., 2011), nonché in altri ditteri brachiceri quali muscidi, drosofilidi carpofagi e sirfidi.

Trasmissione verticale di batteri dalla madre alla prole

La trasmissione dei batteri ereditari dell'adulto all'uovo, attraverso un ovopositore ospitante batteri, è descritta per *B. oleae* e per la sottofamiglia Tephritinae. Nella generalità delle altre sottofamiglie non si riscontrano colonie batteriche negli ovopositori.

Allo scopo di verificare la presenza di trasmissione verticale nella sottofamiglia Trypetinae si sono raccolti frutti con ovature di età nota di *R. completa*. Le uova, estratte dal frutto in flusso laminare, sono state poste in capsule Petri con terreno di coltura nutriente. Le larve ottenute, pur scavando gallerie nel substrato, non hanno di regola causato lo sviluppo di colonie batteriche. E' fondamentale che il frutto infestato sia raccolto in natura, dato che in laboratorio l'ambiente confinato porta a contaminazioni dei frutti e delle uova attraverso le feci delle femmine ovideponenti. Nel prelievo delle ovature dal frutto, si asporta una porzione di epicarpo prossima all'ovatura, tagliando successivamente con una lama sterile sotto l'ovatura e sollevandola senza che la lama si contamini sull'epicarpo. Con un pinzetta sterile si possono recuperare sia le uova, sia la polpa circostante (discosta dall'epicarpo) per inoculare le capsule Petri. È stato così possibile dimostrare che di regola in *Rhagoletis* (R. *cerasi*, *R. completa, R. meigeni)* e *Carpomya* (C. *schineri* e *C. vesuviana)*, non si verifica la trasmissione di batteri dalla madre all'uovo. Estraendo, con tecniche analoghe le larve (di prima e seconda età) egualmente, non si riscontra la presenza di batteri confermando ulteriormente l'assenza di trasmissione verticale nelle Trypetinae.

Acquisizione orizzontale nelle larve di terza età

Nelle sottofamiglie Trypetinae e Dacinae, *B. oleae* compresa, le larve di prima e seconda età scavano gallerie nastriformi utilizzando l'aria che penetra attraverso il foro di ovideposizione. In terza età la larva scava un'ampia galleria globosa nella parte superiore del frutto al di sotto dell'epicarpo, sul quale pratica piccoli fori per consentire il passaggio dell'aria. È attraverso questi fori che i batteri *free-living* contaminano l'intestino larvale e la polpa circostante. La generalità delle larve mature presenta infatti colonie batteriche intestinali.

Tranne che per *B. oleae* e per le Tephritinae, si rileva di regola una corrispondenza tra tali specie batteriche e quelle che si ottengono, sequenziando il contenuto del bulbo esofageo dell'adulto. Si noti che, strisciando

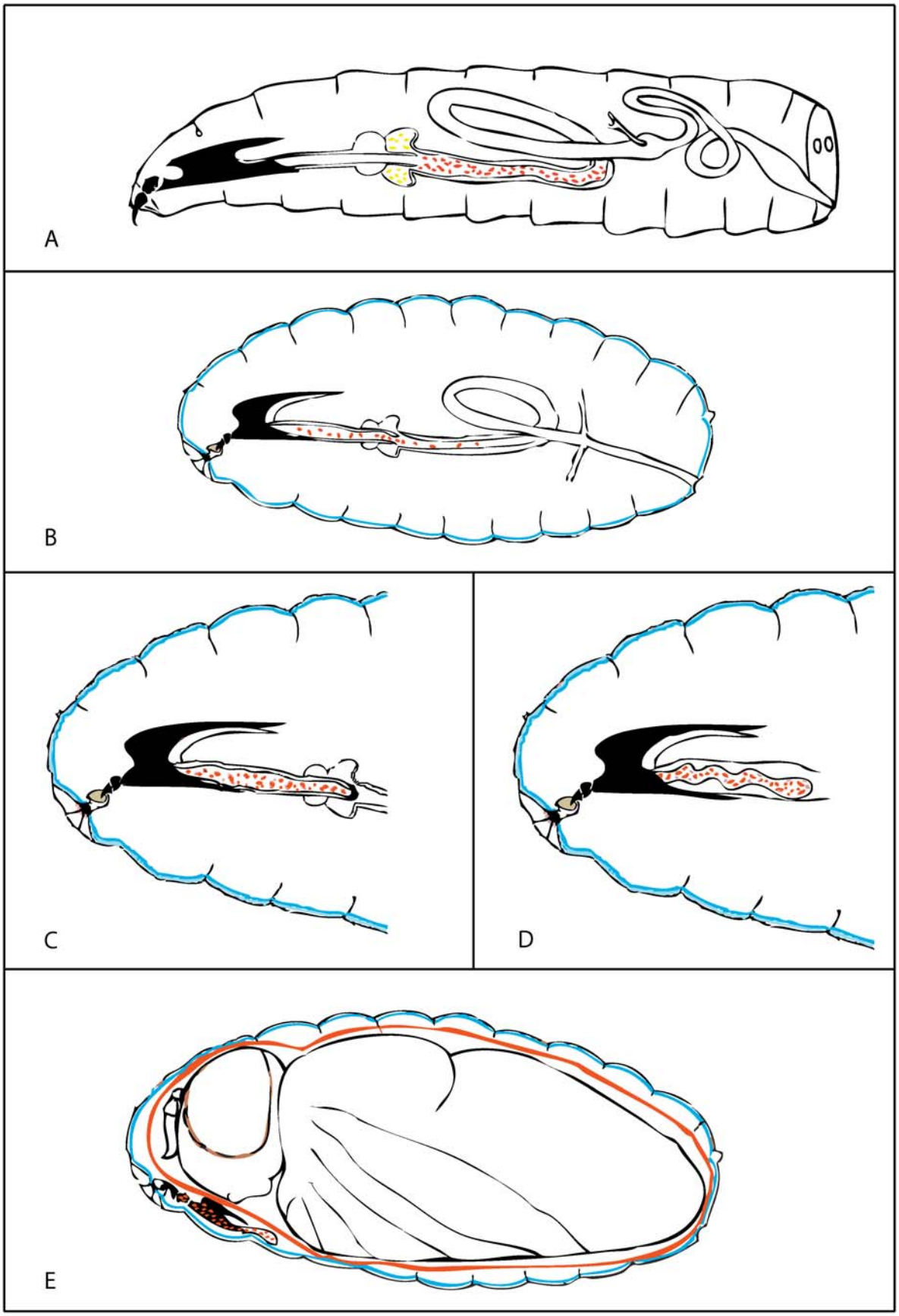


Fig. 6 – A) Larva matura con in rosso i batteri *free-living* del lume mesointestinale e in giallo (solo in *B. oleae* e sottofamiglia Tephritinae) i batteri ereditari nei ciechi gastrici. B) Prepupa con in rosso la migrazione dei batteri dal lume mesointestinale verso il lume stomodeale. C) Accorciamento dell'intima stomodeale nella prepupa con chiusura di una estremità. D) Contrazione dell'intima stomodeale nella prepupa con lisi della valvola cardiaca. E) Nell'adulto farato i batteri derivati dal tratto intestinale larvale permangono attorno agli annessi boccali, isolati tra due membrane: tegumento della prepupa aderente al pupario (in blu) e tegumento della prima pupa (in rosso).

tali masse batteriche si ottengono colonie sorprendentemente omogenee, il che ne fa supporre una certa purezza.

Ruolo dei batteri nella sottofamiglia Trypetinae

L'acquisizione di batteri dall'epicarpo per la larva di terza età sembrerebbe aver una funzione nutrizionale. Al contrario, l'assenza di batteri nelle larve più giovani potrebbe avere la funzione di impedire contaminazioni e quindi marcescenze precoci del frutto letali per le larve.

Il naturale passaggio all'adulto, attraverso la pupa, di specie batteriche presenti nell'intestino larvale esige specifiche riflessioni. *In primis* è molto improbabile che i batteri possano essere utili allo stadio di pupa, essendo confinati fuori dalla stessa. Inoltre, l'assenza di batteri nelle larve più giovani, consente di ipotizzare che i batteri siano utili soprattutto all'adulto.

In letteratura è spesso riportato che i batteri abbiano un ruolo nella sopravvivenza delle larve (Lauzon, 2003), ma ciò risulta dimostrato solo in *B. oleae* ove le larve, private di *E. dacicola,* non completano lo sviluppo. Al contrario è possibile, disinfettando l'epicarpo del frutto ospite, ottenere adulti di *Rhagoletis* sp. fecondi in totale sterilità. A favore del fatto che i batteri abbiano un ruolo importante nell'adulto è il sacrificio metabolico compiuto per produrre il nucleo entomatico delle masse batteriche. Tali batteri vengono poi digeriti nel secondo tratto dell'intestino medio per cui vanno ad integrare l'alimentazione dell'adulto.

Sotto il profilo evolutivo appare piuttosto intrigante il fatto che queste masse batteriche del mesointestino si sviluppino attorno a corpi solidi prodotti dal sistema digerente dell'adulto. Simili strutture non sono riscontrate negli altri ditteri esaminati, nemmeno nelle drosofile carpofaghe. Si può ipotizzare che si tratti di una modificazione drammatica del sistema digerente dei Tephritidae, atta a determinare un'efficienza digestiva per qualche verso simile a quella dei ruminanti tra i mammiferi, legata al feltro solido di fieno che galleggia nel rumine.

BIBLIOGRAFIA

Behar A., Ben-Yosef M., Lauzon C.R., Yuval B., Jurkevitch E., 2008 - *Structure and function of the bacterial community associated with the Mediterranean fruit fly.* In: Insect symbiosis 3, Bourtzis K. & Miller T. A. Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 251-271.

Belcari A., Sacchetti P., Marchi G., Surico G., 2003 - *La mosca delle olive e la simbiosi batterica*. - Inf. Fitopatol., 53: 55-59.

Ben-Yosef M., Pasternak Z., Jurkevitch E., Yuval B., 2015 - *Symbiotic bacteria enable olive fly larvae to overcome host defences*. - R. Soc. Open Sci., 2: 150170.

Buchner P., 1965 – *Endosymbiosis of animals with plant microorganims.* New York: Interscience.

Capuzzo C., Firrao G., Mazzon L., Squartini A., Girolami V., 2005 - 'Candidatus *Erwinia dacicola', a coevolved symbiotic bacterium of the olive fly* Bactrocera oleae *(Gmelin)*. - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 55: 1641-1647.

Daser U., Brandl R., 1992 - *Microbial gut floras of eight species of tephritids*. - Biol. J. Linn. Soc., 45: 155-165.

Dìaz-Fleischer F., Papaj D.R., Prokopy R.J., Norrbom A.L., Aluja M., 2000 - *Evolution of fruit fly oviposition behavior*. In: Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior, Aluja M. & Norrbom A.L. Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 811-842.

Drew R.A.I., Courtice A.C., Teakle D.S., 1983 - *Bacteria as a natural source of food for adult fruit flies (Diptera: Tephritidae)*. - Oecologia, 60: 279-284.

Drew R.A.I., Lloyd A.C., 1987 - *Relationship of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their bacteria to host plants*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 80: 629-636.

Drew R.A.I., Lloyd A.C., 1991 - *Bacteria in the life cycle of tephritid fruit flies*. In: Microbial Mediation of Plant – Herbivore Interactions, Barbosa P., Krischik V.A. & Jones C.G. Ed., John Wiley & Sons, New York, p. 62.

Estes A.M., Hearn D.J., Agrawal S., Pierson E.A., Hotopp J.C.D., 2018 - *Comparative genomics of the Erwinia and Enterobacter olive fly endosymbionts*. - Sci. Rep., 8: 1-13.

Girolami V., 1973 - *Reperti morfo-istologici sulle batteriosimbiosi del* Dacus oleae *Gmelin e di altri ditteri tripetidi, in natura e negli allevamenti su substrati artificiali*. - Redia, 54: 269-294.

Girolami V., 1983 - *Fruit fly symbiosis and adult survival: general aspects*. In: Fruit Flies of Economic Importance, Cavalloro R. Ed., Proc CEC/IOBC Int Symp, Athens November 1982. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 74-76.

Grandi G., 1966 - *Istituzioni di entomologia generale.* Calderini, Bologna.

Han H.Y., Ro K.E., McPheron B.A., 2006 - *Molecular phylogeny of the subfamily Tephritinae (Diptera: Tephritidae) based on mitochondrial 16S rDNA sequences*. - Mol. Cells, 22: 78-88.

Headrick D. H., Goeden R. D., 1998 - *The biology of nonfrugivorous tephritid fruit flies*. - Annu. Rev. Entomol., 43: 217-241.

Korneyev V., 1999 - *Phylogenetic Relationships among Higher Groups of Tephritidae*. In: Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior, Aluja M. & Norrbom A.L. Ed., CRC Press, Boca Raton, FL., p. 91-132.

Korneyev V., 2014 - *"Parasitic fruit flies" (Diptera: Tephritoidea: Pyrgotidae, Ctenostylidae, Tachiniscidae).* 8th International Congress of Dipterology, Potsdam 2014.

Lauzon C.R., 2003 - *Symbiotic relationships of tephritids*. In: Insect symbiosis 1, Bourtzis K. & Miller T. A. Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 115-129.

Lefevre C., Charles H., Vallier A., Delobel B., Farrell B., Heddi A., 2004 - *Endosymbiont phylogenesis in the Dryophthoridae weevils: evidence for bacterial replacement.* - Mol. Biol. Evol., 21: 965-973.

Liu L.J., Martinez-Sañudo I., Mazzon L., Prabhakar C.S., Girolami V., Deng, Y.L., Dai Y., Li Z.H., 2016 - *Bacterial communities associated with invasive populations of* Bactrocera dorsalis *(Diptera: Tephritidae) in China*. - Bull. Entomol. Res., 106: 718-728.

Lloyd A.C., Drew R.A.I., Teakle D.S., Hayward A.C., 1986 - *Bacteria associated with some* Dacus *species (Diptera: Tephritidae) and their host fruit in Queensland*. - Aust. J. Biol. Sci., 39: 361-368.

Marchini D., Rosetto M., Dallai R., Marri L., 2002 - *Bacteria associated with the oesophageal bulb of the medfly* Ceratitis capitata *(Diptera: Tephritidae)*. - Curr. Microbiol., 44: 120-124.

Martinez-Sañudo I., Savio C., Mazzon L., Girolami V., Ciolfi S., Marri L., 2011- *Green fluorescent protein (GFP)-labeling of enterobacteria associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) and persistence in their natural host* Rhagoletis completa *Cresson.* - Can. J. Microbiol., 57: 969-973.

Mazzon L., Piscedda A., Simonato M., Martinez-Sanudo I., Squartini A., Girolami V., 2008. - *Presence of specific symbiotic bacteria in flies of the subfamily Tephritinae (Diptera: Tephritidae) and their phylogenetic relationships: proposal of '*Candidatus *Stammerula tephritidis'.* - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 58:1277-1287.

Mazzon L., Martinez-Sañudo I., Simonato M., Squartini A., Savio C., Girolami V., 2010 - *Phylogenetic relationships between flies of the Tephritinae subfamily (Diptera, Tephritidae) and their symbiotic bacteria*. - Mol. Phylogenet. Evol., 56: 312-326.

Mazzon L., Martinez-Sañudo I., Savio C., Simonato M., Squartini A., 2011 - *Stammerula and other symbiotic bacteria within the fruit flies inhabiting Asteraceae flowerheads.* In: Manipulative tenants: bacteria associated with arthropods, Zchori-Fein E. & Bourtzis K. Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 89-111.

Mazzon L., Martinez-Sañudo I., Simonato M., Girolami V., 2016 - *Considerazioni filogenetiche e biogeografiche su "*Candidatus *Erwinia dacicola" e prospettive per l'allevamento di* Bactrocera oleae *(Rossi).* – Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 64: 85-91.

Merz B., 1999 - *Phylogeny of the Palaearctic and Afrotropical genera of the* Tephritis *group (Tephritinae: Tephritini)*. In: Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior, Aluja M. & Norrbom A.L. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 629-669.

Norrbom A.L., Condon M.A., 1999 - *Phylogeny of the Subfamily Blepharoneurinae.* In: Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior, Aluja M. & Norrbom A.L. Ed., CRC Press Boca Raton, FL, pp. 153-174.

Norrbom A.L., Carroll L.E., Freidberg A., 1999 - *Status of knowledge*. In: Fruit fly expert identification system and systematic information database, Thompson F.C. Ed., Backhuys Publishers, Leiden, Myia, pp. 9-48.

Petri L., 1909 - *Ricerche sopra i batteri intestinali della Mosca olearia*. - Memorie della Regia Stazione di Patologia vegetale, pp. 1-129.

Piscedda A., Girolami V., 2005 - *Ghiandola faringea e produzione di agglomerati membranosi nei tefritidi: prima quantificazione in* Bactrocera oleae *(Gmelin).* - Proceedings XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Perugia 13-18 Giu., pp. 50.

Rossiter M.C., Howard D.J., Bush G.L., 1983 - *Symbiotic bacteria of* Rhagoletis pomonella. In: Fruit flies of economic importance, Cavolloro R. Ed., Balkema, Rotterdam, pp. 77-84.

Sacchetti P., Granchietti A., Landini S., Viti C., Giovannetti L., Belcari A., 2008 - *Relationships between the olive fly and bacteria.* - J. Appl. Entomol., 132: 682-689.

Savio C., Mazzon L., Martinez-Sañudo I., Simonato M., Squartini A., Girolami V., 2012 - *Evidence of two lineages of the symbiont '*Candidatus *Erwinia dacicola' in Italian populations of* Bactrocera oleae *(Rossi) based on 16S rRNA gene sequences.* - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 62: 179-187.

Stammer H.J., 1929 - *Die bakteriensymbiose der trypetiden (Diptera).* - Zoomorphology, 15: 481-523.

Straw N.A., 1989 - *Taxonomy, attack strategies and host relations in flowerhead Tephritidae: a review*. - Ecol. Entomol., 14: 455-462.

White I.M., 2006 - *Taxonomy of the Dacina (Diptera: Tephritidae) of Africa and the Middle East*. - Afr. Entomol. Mem., 2: 1-156.

Viale E., Martinez-Sañudo I., Brown J.M., Simonato M., Girolami V., Squartini A., Bressan A., Faccoli M., Mazzon L., 2015 - *Pattern of association between endemic Hawaiian fruit flies (Diptera, Tephritidae) and their symbiotic bacteria: Evidence of cospeciation events and proposal of "*Candidatus *Stammerula trupaneae".* - Mol. Phylogenet. Evol., 90: 67-79.

Zwölfer H., 1983 - *Life systems and strategies of resource exploitation in tephritids*. In: Fruit flies of economic importance, Cavalloro R. Ed., Proc. CEC/IOBC Int. Symp. Athens, 16-19 November 1982. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 16-30.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 73-79

LA PIANTA INFESTANTE *AILANTHUS ALTISSIMA* E STUDIO DELLA FATTIBILITÀ DI UN PROGRAMMA DI CONTROLLO BIOLOGICO

MASSIMO CRISTOFARO [a, b] - ENRICO DE LILLO [c]

[a] *Biotechnology and Biological Control Agency (BBCA) onlus, Roma, Italia.*
[b] *ENEA, Casaccia, Roma, Italia.*
[c] *Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.), Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Italia.*
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 16 novembre 2019

Preliminary study on the development of a biological control plan of Ailanthus altissima

Tree of heaven, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Simaroubaceae), is a highly invasive species in field, urban and suburban areas causing disturbance of cultivated areas, natural park biodiversity, destructive effects on buildings and invading marginal areas on roads and railways. Its control is made mainly by the combination of mechanical and chemical means whose efficacy appears to be ephemeral and incomplete. A multi-tactic approach in the control of this noxious weed appears to be relevant but knowledge in the biological control is still poor. Some Eriophyid mite species, the mainly applied biological control agents of the infesting plants, have been found associated to the tree of heaven and only taxonomic data have been formally published. Aims of the current paper were to study the systematic position and some bio-ecological aspects of *Aculus mosoniensis* (Ripka) (Trombidiformes, Eriophyoidea, Eriophyidae) in order to evaluate a strategic application of this species in the classical biological control program of *A. altissima*. This mite species was morphologically and biologically characterized by the presence of the specialised overwintering morph (deutogyne) which has been recorded for the first time. This species was morphologically and genetically compared with *Aculops taihangensis*, currently known from China. The comparison pointed out the reassignment of the last species to the genus *Aculus* as well as its senior synonymy with *A. mosoniensis*. The intra-plant distribution of the deutogynes in the winter buds of the twigs resulted in free-mite apical buds whereas the mite density in the other buds was proportionally increasing with the distance on the twigs from the apical buds. Host specificity tests confirmed a narrow host range of the mite which was associated only with the target weed species.

KEY WORDS: invasive plant species, *Aculus mosoniensis*, *Aculus taihangensis*, deutogynes, host specificity tests.

INTRODUZIONE

Ailanthus altissima (Mill.) Swingle, comunemente detto ailanto o albero del Paradiso, è una delle sette specie del genere *Ailanthus* (famiglia Simaroubaceae) (THE PLANT LIST, 2003). La specie è di origine Asiatica e fu originariamente descritta nel genere *Toxicodendrum* (KOWARIK & SÄUMEL, 2007). Il nome '*Ailanthus*' deriva dal dialetto usato dalla popolazione dell'isola di Ambon, in Indonesia, e significa "albero del cielo" o "albero che raggiunge il cielo". Si tratta di una specie arborea, perenne, di medie dimensioni che raggiunge altezze massime comprese tra 17 e 27 m e un diametro del tronco di circa 1 m (KOWARIK & SÄUMEL, 2007). Al termine del ciclo annuale, la gemma apicale del fusto muore e uno o più nuovi assi si sviluppano dalle gemme laterali nell'annata successiva facendo si che l'asse tenda a biforcarsi progressivamente (crescita simpodiale). Di conseguenza, la chioma assume spesso un aspetto irregolare e rado. Le foglie sono decidue, composte e imparipennate (SLADONJA *et al.*, 2015). L'ailanto è un albero dioico, con fiori maschili e femminili portati su individui diversi. Le infiorescenze sono terminali, a pannocchia, lunghe 10-20 cm, composte da piccoli fiori con cinque sepali e petali di colore verde-giallastro (KOWARIK & SÄUMEL, 2007). Dopo la fioritura, i fiori femminili si trasformano in samare di forma oblunga con estremità arrotolate a spirale. Questo aspetto favorisce la caduta planata a spirale del frutto e la sua dispersione ad opera del vento. L'apparato radicale è relativamente superficiale, spesso asimmetrico. È composto da un fittone e numerose radici laterali in grado di diffondersi enormemente nel substrato fino a circa 30 m di distanza dal punto di origine (DUBROCA & BORY, 1981). L'estensione dell'apparato radicale è altamente variabile in base alla disponibilità di acqua e di sostanze nutritive del suolo (FARAGÒ, 1964). L'ailanto è in grado di riprodursi anche per via vegetativa. Molti nuovi germogli possono originarsi come polloni dalle radici laterali e, da quest'ultime, arrivare a svilupparsi fino a 27 m di distanza dalla pianta madre (HOWARD, 2004; KOWARIK & SÄMUEL, 2007). Gli eventi naturali, come gelo o fuoco, o le azioni antropiche, come il taglio del fusto o di parti dell'albero, stimolano l'attività pollonifera (BORY *et al.*, 1991). La rigenerazione vegetativa avviene da germogli preesistenti nelle radici (da gemme radicali) o nell'asse ipocotile del fusto (da

– Pubblicato marzo 2020

gemme latenti), germogli avventizi (da gemme avventizie) in sezioni di taglio, germogli ascellari (da gemme ascellari) su rizomi presenti alla base di nuove radici, o direttamente dai frammenti di un ramo. La tendenza a emettere polloni si manifesta presto anche in piantine di circa un anno di età (Kowarik & Sämuel, 2007).

L'ailanto è l'albero che più comunemente cresce lungo le strade, fra le crepe dei marciapiedi e dei muri, lungo le ferrovie, nelle aree monumentali dei siti archeologici e nelle aree abbandonate di natura antropica (Danin, 2000). In generale, occupa aree disturbate e a bassa manutenzione. Ad esempio, in molte città dell'Europa, come Londra (Burton, 1983), la sua grande colonizzazione ha avuto inizio in siti coinvolti nei bombardamenti della seconda guerra mondiale (Kohler & Sukopp, 1964; Forstner & Hubl, 1971). Negli ambienti naturali, l'ailanto invade anche le foreste ripariali come avviene in Europa, e boschi di acero e betulla, per lo più a seguito di disturbo naturale o antropico, come avviene nel nord America temperato (Miller, 1990; Huebner, 2003). Colonizza anche pendii e affioramenti rocciosi (Hull *et al*., 1982; Arnaboldi *et al*., 2002).

Le caratteristiche biologiche rendono *A. altissima* altamente competitiva, in grado di stabilirsi in un'ampia varietà di condizioni ambientali e di competere con le specie autoctone. Grazie all'elevata produzione di semi e alla loro facile dispersione, anche a notevoli distanze, riesce quasi sempre a svilupparsi al meglio anche grazie alla sua estrema adattabilità. La riproduzione vegetativa sembra favorirne ancor di più il successo grazie alla capacità di rigenerarsi velocemente e ovunque.

L'ailanto produce sostanze allelopatiche (più di 200) in foglie, corteccia, radici e semi tra le quali il quassinoide ailantone, che è stato identificato come il componente fitotossico più efficace (Lin *et al*., 1995; Heisey, 1996). Attraverso studi condotti in serra, si è dimostrato che tale sostanza è prodotta maggiormente da individui giovani, fino a 1-2 anni, probabilmente come strategia di difesa contro gli erbivori e che la concentrazione diminuisce gradualmente con l'invecchiamento (Heisey, 1990). Le sostanze allelopatiche inibiscono la germinazione e, talvolta, la crescita e sviluppo di altre piante nelle vicinanze dell'ailanto e fungono da deterrenti per artropodi ed erbivori (Heisey, 1996; Herrick, 2011).

Ricerche condotte dall'USDA in Cina nei primi anni 2000 hanno identificato diversi patogeni e artropodi associati ad *A. altissima*, alcuni dei quali sono stati considerati potenziali agenti di controllo (Zheng *et al*., 2004; Ding *et al*., 2006; Kowarik & Sämuel, 2007). Tra gli artropodi, l'attenzione si è concentrata su *Eucryptorrhynchus brandti* (Harold) ed *E. chinensis* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) (Ding *et al*., 2006; Herrick *et al*., 2012; Salom *et al*., 2009). Entrambe le specie sono diffuse soprattutto nelle aree settentrionali, centrali e sudorientali della Cina, condividono la stessa nicchia trofica e hanno un ciclo vitale simile (Xiao *et al*., 2016). Entrambe le specie prediligono alberi di medie e grandi dimensioni (Ge, 2000). Gli adulti si nutrono generalmente di gemme, giovani foglie e piccioli causando appassimento delle gemme e filloptosi delle giovani foglie. Le femmine depongono le uova sotto la corteccia, le larve si nutrono del cambio e dello xilema, e l'adulto emerge dalla corteccia lasciando fori di circa 4 mm di diametro. L'azione delle larve può portare anche alla morte dell'albero (Ding *et al*., 2006). Tuttavia, questi curculionidi non hanno finora trovato alcuna applicazione.

Ad oggi, *Aceria ailanthae* Mohanasundaram, *Aculops ailanthi* Lin, Jin & Kuang, *Aculops taihangensis* Hong & Xue, *Aculus altissimae* Xue & Hong e *Aculus mosoniensis* (Ripka) (Trombidiformes: Eriophyoidea: Eriophyidae) sono le specie di eriofidi segnalate in associazione con l'ailanto (Ripka & Érsek, 2014; de Lillo *et al*., 2017). Queste specie sono state rinvenute in vario modo in Cina, India e Stati Uniti (Gardner, 2008), a eccezione di *A. mosoniensis* segnalato solo in Europa (Ripka & Érsek, 2014; de Lillo *et al*., 2017). Sulla base dei danni indotti sulle piante ospiti, *A. mosoniensis* e *A. ailanthi* sembrano essere promettenti candidati nel controllo dell'ailanto e la forte specializzazione trofica degli acari eriofioidei (Skoracka *et al*., 2010) ha spesso consentito una loro applicazione in programmi di controllo biologico classico (Smith *et al*., 2010).

In questo contributo, si riporta in modo sintetico il quadro emerso nel tentativo di caratterizzare morfologicamente, geneticamente e biologicamente *A. mosoniensis*, rinvenuto largamente e diffusamente in molte aree dell'Italia, per verificare la correttezza della sua posizione sistematica e per valutare la sua efficacia come potenziale agente di controllo biologico di *A. altissima*.

Materiali e metodi

Studi morfologici

Campionamenti occasionali di piante sintomatiche sono stati eseguiti dal 2015 al 2017, in aree naturali e suburbane del Lazio e della Puglia. I campioni sono stati trasportati in laboratorio e osservati allo stereomicroscopio. Alcuni eriofidi, sono stati preparati e montati su vetrino, seguendo il protocollo descritto da Baker *et al*. (1996), Nuzzaci & de Lillo (1991) e de Lillo *et al*. (2010). Lo studio degli individui è stato eseguito al microscopio a contrasto di fase (BX50, Olympus, Tokyo, Japan).

Per eseguire un confronto con altre specie associate all'ailanto, una femmina paratipo di *A. taihangensis*

conservata in alcool etilico assoluto è stata ricevuta dal dr. Hong Xiao-Feng (tubo 24 della collezione; raccolta sui monti Taihang, provincia di Hebei, Cina, 22 Agosto 2003, legit Hong X.-F.). Il paratipo è stato montato su vetrino e studiato secondo le procedure riportate sopra.

Analisi genetica

Lo studio è stato eseguito su *A. mosoniensis* raccolto a Bari il 31 ottobre 2017 da foglie (sei protogine e/o maschi vivi di aspetto fusiforme) e gemme (nove deutogine vive di aspetto vermiforme), e su *A. taihangensis* raccolta sui monti Taihang, provincia di Hebei, Cina, il 22 Agosto 2003 (una femmina paratipo conservata in alcool etilico assoluto - tubo 24 della collezione di Hong X.-F.). L'estrazione del DNA è stata eseguita da singolo individuo (Bouneb *et al*., 2014), con alcune lievi modifiche dei tempi e delle temperature), i frammenti di ITS1 sono stati ottenuti utilizzando i primers forward e reverse (Navajas *et al*., 1999) e amplificati secondo Carew *et al*. (2005). Le sequenze sono state allineate secondo Thompson *et al*. (1994) ponendole a confronto con *Aculus cercidis* (Hall) (GenBank accession number KJ209712.1) e la distanza filogenetica calcolata tramite Maximum Likelihood (Tamura, 1992).

Distribuzione delle deutogine negli steli

Steli di ailanto sono stati raccolti in località Saxa Rubra (Roma) a Dicembre 2017 e Febbraio 2018. In laboratorio, gli steli di aspetto regolare e con almeno 10 gemme a cominciare dalla gemma apicale sono stati destinati alle successive osservazioni, mentre gli steli fortemente deformati sono stati scartati. Si è provveduto a misurare la dimensione in lunghezza e larghezza delle prime 10 gemme e la distanza tra un nodo e l'altro mediante un calibro, replicando il tutto per 40 steli. Ciascuna gemma è stata dissezionata al microscopio (SZH40, Olympus, Tokyo, Japan), rimuovendo le brattee, allo scopo di individuare e contare gli eriofidi svernanti. Tutto il materiale è stato distrutto a fine osservazione.

Test di specificità

La specificità di *A. mosoniensis* è stata saggiata in pieno campo presso il giardino della BBCA, Roma (località Cesano). Il campo è stato scelto sulla base della presenza degli eriofidi su piante di ailanto confinanti. Il saggio è stato eseguito su specie appartenenti all'Ordine Sapindales, a cui le Simaroubaceae (non presenti in Europa) appartengono: *Citrus limon* (L.) Burm f. (Rutaceae), *Crataegus monogyna* Jacq. (Rosaceae), *Pistacia lentiscus* L. e *Schinus molle* L. (Anacardiaceae). Inoltre, sono state selezionate anche altre specie ecologicamente associate con l'ailanto: *Quercus ilex* L. e *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae), *Juglans regia* L. (Juglandaceae), *Juniperus communis* L. (Cupressaceae). Le piante di cinque anni sono state acquistate dai Vivai Vignolini, Vetralla (VT) e tenute in vasi di plastica (33 cm di diametro) con fondo forato appoggiati sul terreno. Per ognuna delle nove specie (incluse piantine di ailanto come controllo positivo), sono state utilizzate cinque piante (Fig. 1). Le piante non infestate di ailanto sono state raccolte a giugno 2018, nelle campagne di Pacentro (L'Aquila), a circa 600 m s.l.m., in quanto l'eriofide era ampiamente diffuso nell'area circostante il campo sperimentale così come nei dintorni di Roma e provincia. Queste piante sono state conservate in ambiente protetto in

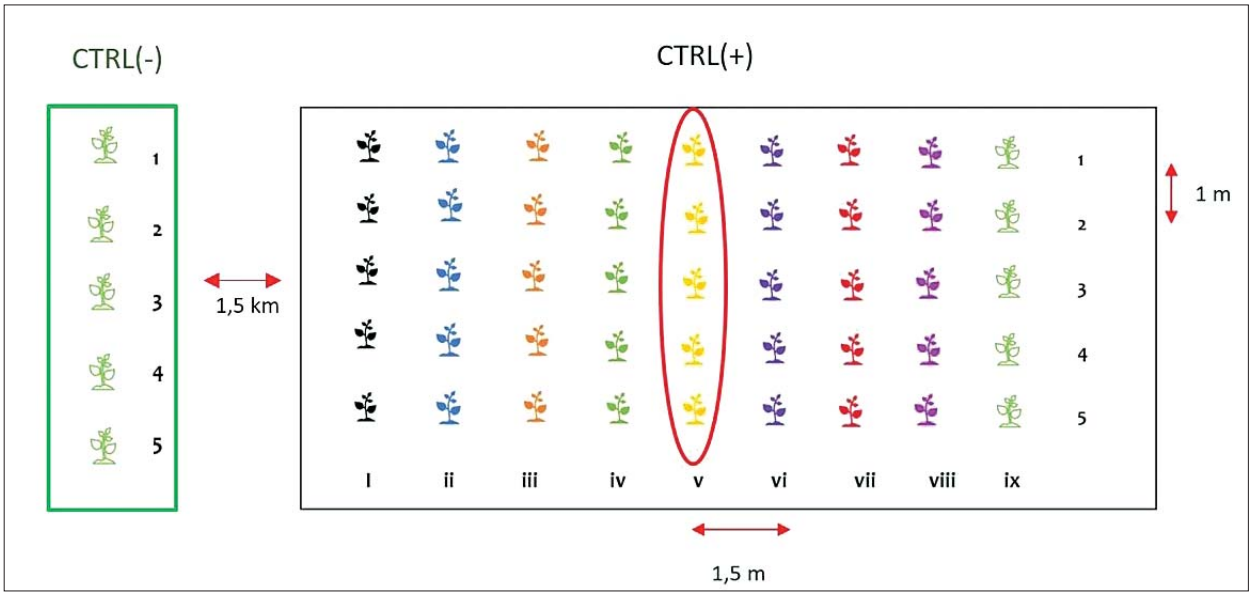


Fig. 1 – Schema del campo sperimentale (controllo positivo cerchiato in rosso) realizzato presso la BBCA, Roma (località Cesano), e una sua immagine in una fase del saggio.

una località isolata del Viterbese fino al momento del saggio.

Il saggio è stato realizzato dal 23 maggio al 20 settembre 2019. Ogni pianta in vaso è stata infestata sulla parte apicale con 15 eriofidi raccolti dai polloni di piante di ailanto precedentemente cresciute spontaneamente nel campo sperimentale e che presentavano evidenti segni di infestazione. Pertanto, nessun trasferimento a distanza degli eriofidi è stata realizzato, eseguendo il saggio con individui già presenti nello stesso campo sperimentale.

A circa 1,5 km di distanza dal campo sperimentale (sulla stessa strada), è stata sistemata un'altra fila con cinque piante in vaso di *A. altissima* (non infestate), da considerare come controllo negativo, per un'eventuale valutazione dell'impatto dell'eriofide sulla fisiologia e sulla *fitness* della pianta.

La diffusione dell'infestazione è stata verificata raccogliendo campioni di 10 cm dall'apice del germoglio con le relative foglie e contando gli individui presenti su di queste, avendo cura di provvedere anche alla loro identificazione. I campioni sono stati raccolti dopo 30, 40 e 50 giorni dall'infestazione.

Risultati e discussione

Studi morfologici

Gli individui raccolti in Italia hanno mostrato una diversità di aspetto nel campione autunnale. Sulle foglie sono state osservate femmine di aspetto vermiforme, poche femmine e diversi maschi di aspetto fusiforme, mentre nelle gemme sono state rinvenute solo femmine di aspetto vermiforme. Viceversa, gli individui rinvenuti sulle foglie in primavera ed estate mostravano tutti aspetto fusiforme. Lo studio morfologico ha consentito di evidenziare il polimorfismo femminile, al pari di altre specie di eriofidi (Manson & Oldfield, 1996). Pertanto, è stato possibile distinguere la femmina svernante specializzata (cioè la deutogina) di aspetto vermiforme nelle gemme e sulle foglie in autunno (contributo in preparazione) da quella primaverile estiva (protogina) e relativo maschio.

Il confronto morfologico delle protogine di *A. mosoniensis* raccolte in Italia con un paratipo di *A. taihangensis* raccolto in Cina ha consentito di verificare la somiglianza tra le due specie per quanto riguarda il disegno dello scudo prodorsale e la conformazione del lobo frontale dello scudo stesso che è apparso arrotondato anziché appuntito offrendo l'occasione di aggiornare e completare la descrizione originale della specie cinese (contributo in preparazione).

Analisi genetica

La regione ITS1 di tutti gli individui analizzati è risultata sempre composta da 524 bp. Le sequenze di *A. mosoniensis* sono state identiche con un tasso di distanza di 0,02±0,02 bp da *A. taihangensis*, mentre ha mostrato una distanza di 0,479±0,055 pb da *A. cercidis* utilizzata come specie outgroup (contributo in preparazione).

Distribuzione delle deutogine negli steli

Delle 4.000 gemme dormienti esaminate, 163 contenevano deutogine con in media circa 27 individui per gemma. Gli eriofidi non sono stati mai rinvenuti nelle gemme apicali e la densità per gemma è stata proporzionale e fortemente correlata all'età della gemma. Al contrario, nessuna correlazione è stata riscontrata tra la dimensione della gemma e il numero di eriofidi rinvenuti.

Test di specificità

Densità degli acari a 30 giorni dall'inoculazione.

Gli eriofidi sono stati rinvenuti sulle piante delle specie non target e sull'ailanto del controllo positivo, confermando il successo del protocollo utilizzato. Parallelamente, gli eriofidi non sono stati rinvenuti sulle cinque piante di ailanto del controllo negativo (non sottoposte a inoculo di foglie recise e infestate dagli eriofidi).

In totale sono stati raccolti 9.732 eriofidi appartenenti alla specie *A. mosoniensis*, di cui 9.703 sull'ailanto e 29 (5 vivi e 24 morti) su piante delle specie non target. Su queste ultime sono stati individuati anche 20 eriofidi non appartenenti alla specie inoculata.

Densità degli acari a 40 giorni dall'inoculazione.

A 40 giorni dall'inoculazione si è accertata la netta diminuzione di *A. mosoniensis* sulle piante delle specie non target, e un aumento di questi sulle piante di ailanto del controllo positivo. Su un totale di 18.064 eriofidi di *A. mosoniensis* raccolti, solamente tre sono stati trovati sulle specie non target e tutti sono risultati morti. Parallelamente, si è riscontrata la presenza di sintomi di infestazione anche sulle piante del controllo negativo che ospitavano 310 individui di *A. mosoniensis.*

Densità degli acari a 50 giorni dall'inoculazione.

Nell'ultimo rilievo, effettuato al termine dell'esperimento, è stata accertata l'assenza di *A. mosoniensis* sulle piante delle specie non target e la sua persistenza sull'ailanto del controllo positivo (10.366 individui) e di quello negativo (276 individui). Il numero di individui di *A. mosoniensis* sul campione fogliare delle piante di ailanto del controllo positivo e negativo è risultato inferiore, seppure statisticamente in modo non significativo, rispetto al dato dei rilievi a 30 e 40 giorni (Fig. 2). Viceversa, le piante hanno manifestato un decadimento con manifestazioni di scarsa crescita, foglie alquanto clorotiche e leggermente deformate.

Sull'ailanto, esemplari di *A. mosoniensis* sono stati raccolti in tutti i rilievi. Viceversa, solo noce, leccio, biancospino, limone e robinia hanno accolto esemplari

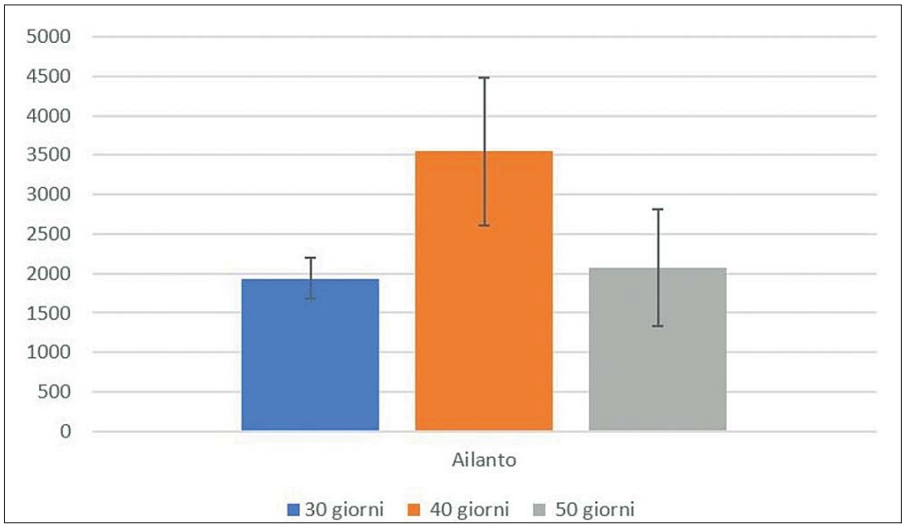


Fig. 2 – Numero medio ed errore standard di *A. mosoniensis* raccolti sui campioni fogliari di ailanto (controlli positivo e negativo) a 30,40 e 50 giorni.

di *A. mosoniensis* anche se in numeri nettamente inferiori all'ailanto e solo fino al secondo rilievo. Applicando il modello lineare generalizzato di Poisson, è risultato che il numero di eriofidi riscontrati sul controllo è stato significativamente maggiore rispetto al numero di quelli riscontrati sulle altre specie vegetali infestate durante l'esperimento (Tab. 1).

Conclusioni

Lo studio morfologico e genetico di *A. mosoniensis* e *A. taihangensis* ha evidenziato la necessità di una revisione della posizione sistematica di queste specie. Le femmine di *A. mosoniensis* sono caratterizzate da polimorfismo stagionale con una forma morfologica (deutogina) specializzata allo svernamento. Inoltre, *Aculops taihangensis* deve essere riassegnato al genere *Aculus* per la conformazione del lobo frontale ed è morfologicamente e geneticamente simile ad *A. mosoniensis* con il quale va in sinonimia. Pertanto, sulla base del Codice Internazionale di Nomenclatura Zoologica, *A. taihangensis* ha priorità rispetto ad *A. mosoniensis*.

Tab. 1 – Analisi statistica secondo un modello lineare generalizzato di Poisson, nel quale la specie vegetale rappresenta la variabile indipendente e il numero di eriofidi raccolti la variabile dipendente.

Specie	**Stima**	**errore standard**	**t-value**	**p-value**
(Intercetta)	13.863	0.2887	4.802	1.57e-06*
Quercus ilex	-0.2076	0.4002	-0.519	0.6039
Crataegus monogyna	-1.3863	0.7638	-1.815	0.0695
Citrus limon	-0.2877	0.6455	-0.446	0.6558
Ailanthus altissima	7.4675	0.2887	25.864	< 2e-16*
Robinia pseudoacacia	-1.3863	1.0408	-1.332	0.1829

La distribuzione delle deutogine sembra seguire le caratteristiche vegetative dell'ailanto, in quanto la gemma apicale è esente da eriofidi, mentre le gemme successive tendono a presentare densità crescenti di eriofidi correlate all'età della gemma, lasciando intendere che la comparsa delle deutogine sia abbastanza precoce durante l'anno.

I saggi di specificità dell'ospite hanno confermato, come già riportato in letteratura, che *A. taihangensis* (=*A. mosoniensis*) possa essere considerato un eccellente candidato per il controllo biologico di questa specie invasiva sia per la sua specificità trofica, ristretta unicamente alla specie elettiva, che per il danno su piante giovani di *A. altissima*. Infine, nell'ambito di un programma di controllo biologico internazionale, la nicchia trofica di *A. taihangensis* (=*A. mosoniensis*) rende questo eriofide scarsamente competitivo con gli altri agenti di controllo selezionati in USA, i curculionidi *Eucryptorrhynchus brandti* ed *E. chinensis*, che prediligono infestare piante di ailanto di grandi dimensioni.

RIASSUNTO

L'albero del paradiso, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Simaroubaceae), è una specie arborea altamente invasiva sia in campo che in aree urbane e semi-urbane, causando un impatto negativo nelle aree coltivate sulla biodiversità, e in aree marginali e antropiche, provocando danni importanti a strade, ferrovie, infrastrutture e monumenti. La specie è molto difficile da controllare, anche per le sue capacità rigenerative, e gli interventi di controllo sono stati finora principalmente di natura chimica e meccanica, ma con scarso successo a lungo termine. Pertanto, nell'ipotesi dell'applicazione di una strategia di controllo integrato, che preveda anche l'utilizzo di strumenti di lotta

biologica di tipo classico, si è inteso porre particolare attenzione agli acari Eriophyidae (Trombidiformes: Eriophyoidea), un gruppo di acari con un'elevata specificità e grande impatto nei confronti della pianta ospite. In questo lavoro, l'eriofide *Aculus mosoniensis* (Ripka), recentemente rinvenuto in Europa e in Italia in associazione con *A. altissima*, è stato studiato per la sua posizione sistematica e per alcuni aspetti bioecologici. La caratterizzazione morfologica e biologica ha consentito di individuare per la prima volta la forma svernante specializzata (deutogina). Questa specie è stata messa a confronto morfologicamente e geneticamente con *Aculops taihangensis*, segnalato in Cina. Dal confronto è risultata la sinonimia tra le due specie con la priorità per *Aculus taihangensis* nuova combinazione. La distribuzione intrapianta delle deutogine nelle gemme invernali dei rami ha evidenziato l'assenza dell'eriofide dalle gemme apicali e una crescente densità degli acari in proporzione alla distanza delle gemme dall'apice. I risultati riguardanti i test di specificità dell'ospite hanno confermato che la specie è altamente specifica e che è in grado di alimentarsi, riprodursi e moltiplicarsi esclusivamente sulla specie target.

Parole chiave: *Ailanthus altissima*, specie invasive, *Aculus mosoniensis*, deutogine, controllo biologico.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Erica Profeta, studentessa dell'Università La Sapienza di Roma, che ha contribuito in modo determinante alla realizzazione del biosaggio di campo; il Dr. Domenico Valenzano, per le analisi molecolari condotte sulle varie popolazioni di eriofidi; la prof.ssa Radmila Petanovic e la dr.ssa Biljana Vidovic dell'Università di Belgrado, Serbia, per il loro supporto scientifico; Francesca Di Cristina, BBCA onlus, per il supporto tecnico.

BIBLIOGRAFIA

Arnaboldi F., Conedera M., Maspoli G., 2002 – *Distribuzione e potenziale invasivo di* Ailanthus altissima *(Mill.) Swingle nel Ticino centrale*. - Boll. Soc. Ticinese Sci. Nat., 90(1-2): 93-101.

Baker E.W., Kono T., Amrine J.W.Jr., Delfinado-Baker M., Stasny T.A., 1996 – *Eriophyoid mites of the United States*. West Bloomfield, Michigan, USA, Indira Publishing House, 394 pp. + i-viii.

Bory G., Sidibe M.D., Clair-Maczulajtys D., 1991 – *Effects of cutting back on the carbohydrate and lipid reserves in the tree of heaven (*Ailanthus glandulosa *Desf., Simaroubaceae) [reserve distribution, stump shoots]*. - Ann. Sci. For., France, 48: 1-13.

Bouneb M., de Lillo E., Roversi P.F., Simoni S., 2014 – *Molecular detection assay of the bud mite* Trisetacus juniperinus *on* Cupressus sempervirens *in nurseries of Central Italy*. - Exp. Appl. Acarol., 62: 161-170.

Burton R.M., 1983 – *Flora of the London area*. London Natural History Society. Colchester. 225 pp.

Carew M.E., Pettigrove V., Hoffmann A.A., 2005 – *The utility of DNA markers in classic taxonomy: using cytochrome oxidase I markers to differenziate Australian* Cladopelma *(Diptera: Chironomidae) midges*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 98: 587-594.

Danin A., 2000 – *The inclusion of adventive plants in the second edition of Flora Palaestina*. -Willdenowia, 30: 305-314.

de Lillo E., Craemer C., Amrine J.W.Jr., Nuzzaci G., 2010 – *Recommended procedures and techniques for morphological studies of Eriophyoidea (Acari: Prostigmata)*. - Exp. Appl. Acarol., 51: 283-307.

de Lillo E., Panzarino O., Loverre P., Valenzano D., Mattia C., Marini F., Augé M., Cristofaro M., 2017 – *New eriophyoid mites from Italy. IV. Mites associated with weed plants*. - Syst. & Appl. Acarol., 22: 2256-2272.

Ding J.-Q., Wu Y., Zheng H., Fu W.-D., Reardon R., Liu M., 2006 – *Assessing potential biological control of the invasive plant, tree-of-heaven,* Ailanthus altissima. - Biocontrol Sci. & Tech., 16(5/6): 547-566.

Dubroca E., Bory G., 1981 – *Glucidic and nitrogen compounds and resistance to drought in* Ailanthus altissima. - Biochem. Syst. Ecol., 9: 283-288.

Faragò S., 1964 – *The tree-of-heaven*. - Erdesz. Kutat, 60: 87-110.

Forstner W., Hubl E., 1971 – *Ruderal, Segetal und Adventivflora von Wien.* - Bodenkultur, Wien, 159 S.

Gardner R.T.III, 2008 – *Native and indigenous controls for* Ailanthus altissima. M.S. Thesis, University of Maryland, College Park MD, USA, 140 pp.

Ge T., 2000 – *Preliminary study on the biology* of Eucryptorrhynchus brandti. - News. Forest. Pests, 19: 17-18.

Heisey R.M., 1990 – *Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven* (Ailanthus altissima). – Am. J. Bot., 77: 662-670.

Heisey R.M., 1996 – *Identification of an allelopathic compound from* Ailanthus altissima *(Simaroubaceae) and characterization of its herbicidal activity*. - Am. J. Bot., 83: 192–200.

Herrick N.J., Mc Avoy T.J., Snyder A.L., Salom S.M., Kok I.T., 2012 – *Host-range testing of* Eucryptorrhynchus brandti *(Coleoptera: Curculionidae), a candidate for biological control of tree-of-heaven*, Ailanthus altissima. - Environ. Entomol., 41(1): 118-124.

Herrick N.J., 2011 – *Quarantine evaluation of* Eucryptorrhynchus brandti *(Harold) (Coleoptera: Curculionidae), a potential biological control agent of tree-of-heaven,* Ailanthus altissima *in Virginia, USA*. - Doctoral dissertation (14249)

Howard J.I., 2004 – Ailanthus altissima. In: Fire Effects Information System, [Online]. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). /http://www.fs.fed.us/ database/feis/S.

Huebner C., 2003 – *Vulnerability of oak-dominated forests in West Virginia to invasive exotic plants: temporal and spatial patterns of nine exotic species using herbarium records and land classification data*. - Castanea. 68: 1-14.

Hull J.C., Scott R.C., Ralph C., 1982 – *Plant succession on debris avalanches of Nelson County, Virginia*. - Castanea. 47: 158-176.

Kohler A., Sukopp H., 1964 – *Über die Gehölzentwicklung*

auf Berliner Trümmerstandorten. - Ber. Deutsch. Bot. Ges., 76: 389-406.

Kowarik I., Säumel I., 2007 – *Biological flora of Central Europe:* Ailanthus altissima *(Mill.) Swingle.* - Perspect. Plant Ecol., 8: 207-237.

Lin L.J., Peiser G., Ying B.P., Mathias K., Karasina F., Wang Z., Itatani J., Green L., Hwang Y.S., 1995 – *Identification of Plant growth inhibitory principles in* Ailanthus altissima *and* Castela tortuosa. - J. Agric. Food-Chem., 43: 1708-1711.

Manson D.C.M., Oldfield G.N., 1996 – *Life forms, deutogyny, diapause and seasonal development*. In: Eriophyoid mites their biology, natural enemies and control. Lindquist E.E., Sabelis M.W., Bruin J., eds, Elsevier, Amsterdam, World Crop Pests, 6, pp. 173-183.

Miller J.H., 1990 - Ailanthus altissima *(Mill.).* In: Silvics of North America, Vol. 2 Hardwoods. Burns R.M. & Honkaka B.H., eds, pp. 101-104

Navajas M., Lagnel J., Fauvel G., De Moraes G., 1999 – *Sequence variation of ribosomal internal transcribed spacers (ITS) in commercially important Phytoseiidae mites*. - Exp. Appl. Acarol., 23: 851-859.

Nuzzaci G., de Lillo E., 1996 – *Perspectives on Eriophyoid mite research*. - Entomologica, Bari, 30: 73-91.

Ripka G., Érsek L., 2014 – *A new* Aculops *species (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) on Ailanthus altissima from Hungary*. - Acta Phytopath. Entomol. Hung., 49: 49-56.

Salom S.M., Kok I.T., Herrick N., McAvoy T., Davis D., Schall M., Reardon R., 2009 – Ailanthus, *tree-of-heaven update, a northeast regional biological control project*. In: McManus K.A., Gottschalk K.W., eds. Proc. 20th USDA interagency research forum on invasive species; 2009 January 13-16; Annapolis, MD. Gen. Tech. Rep. NRS-P-51. Newtown Square, PA: USDA, Forest Service, Northern Research Station: 52-53.

Skoracka A., Smith L., Oldfield G., Cristofaro M., Amrine J.W., 2010 – *Host-plant specificity and specialization in eriophyoid mites and their importance for the use of eriophyoid mites as biocontrol agents of weeds.* - Exp. Appl. Acarol., 51: 93-113.

Sladonja B., Susek M., Guillermic J., 2015 – *Review on invasive tree of heaven (*Ailanthus altissima *(Mill.) Swingle) conflicting values: assessment of its ecosystem services and potential biological threat*. - Environ. Manag., 56: 1009-1034.

Smith L., de Lillo E., Amrine J.W.Jr., 2010 – *Effectiveness of Eriophyid mites for biological control of weedy plants and challenges for future research*. - Exp. Appl. Acarol., 51: 115-149.

Tamura K., 1992 – *Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G + C-content biases*. - Mol. Biol. Evol., 9: 678-687.

The Plant List, 2003 – *Version 1.1.* Published on the Internet; http://www.theplantlist.org (accessed 1st January 2020).

Thompson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J., 1994 – *CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice*. - Nucleic acids Res., 22: 4673-4680.

Xiao J.W., Yang K.L., Wen J.B., 2016 – *Host-independent artificial rearing of* Eucryptorrhynchus brandti *(Coleoptera: Curculionidae)*. - BioControl Sci. Tech., 26: 1-19

Zheng H., 2004 – *Invasive plants of Asian origin established in the United States and their natural enemies* (Vol. 1). US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.

80 - Pagina bianca

CELEBRAZIONI DEI 150 ANNI DALLA FONDAZIONE DELLA SOCIETÀ ENTOMOLOGICA ITALIANA (1869-2019)

Venerdì 22 febbraio 2019, a Firenze, nel corso della Seduta pubblica dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, si è tenuta una manifestazione per celebrare il 150° di fondazione della Società Entomologica Italiana.

Dopo un cordiale indirizzo di benvenuto ai presenti, tenuto dal Presidente dell'Accademia, Prof. Romano Dallai, è stata data la parola al Prof. Francesco Pennacchio, Presidente della Società, il quale ha illustrato sinteticamente il valore ed il significato del traguardo raggiunto dalla S.E.I., invitando poi il Dr. Roberto Poggi, Vice Presidente della Società, a tenere la sua conferenza dal titolo "Società Entomologica Italiana, 1869-2019. Breve storia di 150 anni", il cui testo è riprodotto qui di seguito.

Firenze, 22 febbraio 2019: un aspetto della seduta pubblica (Foto R. Nicoli Aldini).

82 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 83-87

SOCIETÀ ENTOMOLOGICA ITALIANA, 1869-2019
BREVE STORIA DI 150 ANNI

ROBERTO POGGI

La Società Entomologica Italiana nasce su iniziativa di Alexander Henry Haliday, imenotterologo irlandese trasferitosi in Toscana, il quale, allo scopo di fondare anche in Italia una Società entomologica nazionale, alla fine del 1867 contatta il ditterologo Camillo Róndani di Parma e alcuni entomologi fiorentini, in particolare Adolfo Targioni Tozzetti, Pietro Stefanelli e Ferdinando Piccioli.

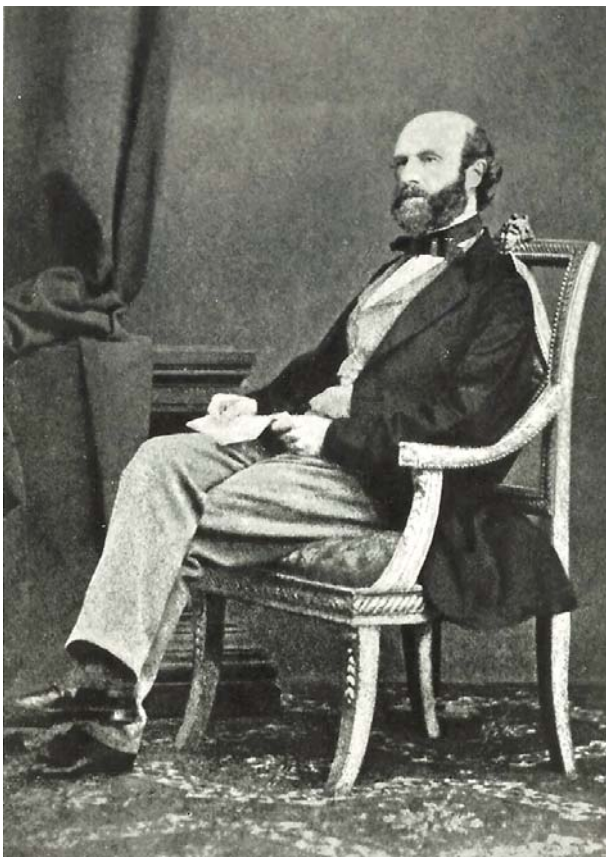
Il 1° gennaio 1868 una lettera a stampa firmata da 20 promotori (tra i quali Flaminio Baudi di Selve, Achille Costa, Giacomo Doria, Vittore Ghiliani, Antonio Orsini ed Eugenio Sella) viene diramata a tutti i possibili colleghi interessati e incominciano a raccogliersi le adesioni.

Nel gennaio 1869 si stende lo Statuto e si stampa il primo fascicolo del "*Bullettino della Società Entomologica Italiana"*; Targioni Tozzetti ed Haliday vengono nominati rispettivamente Presidente e Vice Presidente.

A marzo i soci sono già 120; la Società si costituisce ufficialmente il 31 ottobre 1869 a Firenze, con sede presso il Regio Museo di Storia Naturale, in Via Romana. L'anno successivo muore Haliday, che viene sepolto a Bagni di Lucca, nel cui Cimitero inglese si trova tuttora la sua tomba.

La vita sociale procede senza grossi intoppi sino ai primi anni del nuovo secolo; la Segreteria, gestita inizialmente da Antonio Carruccio e Pietro Bargagli, viene poi affidata a Guelfo Cavanna. Dopo Targioni Tozzetti, deceduto nel 1902, sono eletti Presidenti prima Enrico Hyllier Giglioli (fino al 1909) e poi Daniele Rosa (fino al 1918), ma la situazione della Società diventa critica con lo scoppio della Prima Guerra Mondiale. La regolarità di stampa del "*Bullettino"* viene meno e anche il numero dei soci si contrae vistosamente.

La Società si regge grazie all'impegno del Vice Presidente Stefanelli, che ricopre tale carica dal 1869, e dei Segretari Angelo Senna ed Enrica Calabresi. Nel 1919 Stefanelli viene proposto come Presidente, ma non accetta per le sue condizioni di salute. Dal 1920 al 1921 la Presidenza è così affidata a Napoleone Passerini, che fa il possibile per risollevare la Società, purtroppo senza grandi risultati.



Alexander Haliday (1806-1870)

Per evitare lo scioglimento si fa allora avanti un gruppo di attivi entomologi genovesi, capitanati da Raffaello Gestro, Agostino Dodero, Fabio Invrea, Cesare Mancini e Ferdinando Solari, che si impegnano per il rilancio della Società e per il suo sviluppo. Nel 1922, con votazione unanime, si decide di trasferire la Sede a Genova, presso il Museo Civico di Storia Naturale "Giacomo Doria", anche se a Firenze restano porzioni significative della Biblioteca sociale e dell'Archivio.

Si approva poi il nuovo Statuto e si procede all'elezione delle nuove cariche (Gestro Presidente, Solari Vice Presidente, Invrea Segretario e Mancini Tesoriere). Un paio d'anni dopo Gestro è nominato Presidente Onorario e la Presidenza passa a Solari, con Luigi Masi come Vice Presidente.

– Pubblicato marzo 2020

Firenze, fine Ottocento: un gruppo di soci.

Genova, 31 marzo 1935: un folto gruppo di soci genovesi radunati attorno al Prof. Raffaello Gestro (seduto al centro), dieci giorni dopo il suo 90° compleanno.

A Genova si decide di rinnovare la veste grafica del "*Bullettino*", trasformato in "*Bollettino*" e stampato in 10 numeri all'anno, e di lanciare una nuova testata, le "*Memorie*", per i lavori di maggior mole; i due periodici sono quelli ancor oggi in produzione. La Redazione delle riviste, prima affidata ad Edoardo Gridelli e poi a Fabio Invrea, dal 1937 al 1955 passa a Felice Capra, che vi si dedica con grande passione.

Grazie all'impegno dei genovesi la Società, eretta in Ente Morale nel 1936, consegue un notevole sviluppo ed anche il numero dei soci supera i 200. Nella storia sociale assume un particolare rilievo la donazione di Agostino Dodero che alla sua morte, nel 1937, lascia in eredità alla Società la sua collezione di Coleotteri e di Imenotteri Sinfiti, la sua biblioteca, il suo appartamento (in usufrutto alla vedova) e un capitale inalienabile di 200.000 lire in Buoni del Tesoro.

Purtroppo lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale interrompe pesantemente il periodo di relativa serenità della Società, che deve ridurre il numero di pagine dei suoi periodici e assistere poi, nel novembre 1942, alla distruzione di 12.300 volumi della propria biblioteca per incursione aerea inglese.

Nel dopoguerra la ripresa è lenta e faticosa. Alla ovvia contrazione del numero dei soci si accompagna la svalutazione del capitale intangibile, ma grazie all'abnegazione di Solari e di Invrea si riesce a ricomporre il tessuto sociale.

Alla scomparsa di Solari, dal 1956 al 1968 la Presidenza passa a Invrea, che vede i soci superare il numero di 500 e promuove la pubblicazione dell'"*Informatore del Giovane Entomologo*" (rassegna di brevi articoli destinati a fornire consigli pratici su tecniche di raccolta, preparazione, conservazione e studio degli insetti), mentre Antonio Porta dona la propria biblioteca per cercare di rimediare ai danni di guerra.

Nel 1968 viene eletto Presidente Cesare Conci, che per molti anni è affiancato nel Consiglio Direttivo dai genovesi Emilio Berio, Giovanni Binaghi e Nino Sanfilippo. Il primo Centenario della Società si celebra a Firenze nel 1969, in concomitanza con l'VIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia.

Negli anni '60-'80 la Società è in pratica l'unico punto di riferimento per i giovani che vogliono avvicinarsi all'Entomologia e il numero dei soci cresce consistentemente, sino a raggiungere quasi il migliaio. Nel 1996 la Presidenza di Conci si chiude col XX Congresso Internazionale di Entomologia, l'unico mai organizzato in Italia, svoltosi in agosto a Firenze.

Tra il 1996 e il 2012 la Presidenza è tenuta da Augusto Vigna Taglianti, che rinnova l'aspetto dei periodici e promuove l'adozione di decisioni importanti per

Firenze, 4 settembre 1969: apertura delle celebrazioni del Centenario della Società.

Genova: sala di lettura della Biblioteca della Società.

ottenere una nuova e degna sede; nel 2000 vengono vendute le collezioni sociali (al Museo di Genova) e poi anche l'appartamento ereditato da Dodero (agli affittuari). Col ricavato di tali cessioni nel 2005 la Società può così acquistare alcuni locali in Corso Torino 19 A/4 dove si trasferiscono Biblioteca, Segreteria e Amministrazione e dove si tengono le riunioni del sabato pomeriggio.

Nel 2005 si approva il nuovo Statuto (leggermente modificato nel 2009 per dare spazio alla Sezione di Entomologia Agraria) e in seguito si istituisce il sito informatico della Società. Nel 2012 viene eletto Presidente Francesco Pennacchio, riconfermato sino a tutto il 2020.

Nel marzo 2017 la Società accoglie nei suoi locali la visita dei discendenti del suo massimo benefattore, Agostino Dodero; nel luglio 2018 organizza a Napoli, insieme all'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, l'XI European Congress of Entomology, che vede la partecipazione di quasi un migliaio di persone.

Quasi tutti gli entomologi attivi in Italia negli ultimi 150 anni sono stati soci, per periodi più o meno lunghi, del nostro sodalizio. Tra quanti sono stati eletti Consiglieri nello scorso secolo, e a solo titolo di esempio, possiamo citare almeno Baccio Baccetti, Antonio Berlese, Mario Bezzi, Carlo Emery, Alessandro Ghigi, Athos Goidanich, Guido Grandi, Giovanni Battista Grassi, Giovanni Gribodo, Marcello La Greca, Paolo Luigioni, Giuseppe Müller, Guido Paoli, Sandro Ruffo, Filippo Silvestri, Livio Tamanini, Filippo Venturi, Ruggero Verity, Pietro Zangheri ed Edoardo Zavattari.

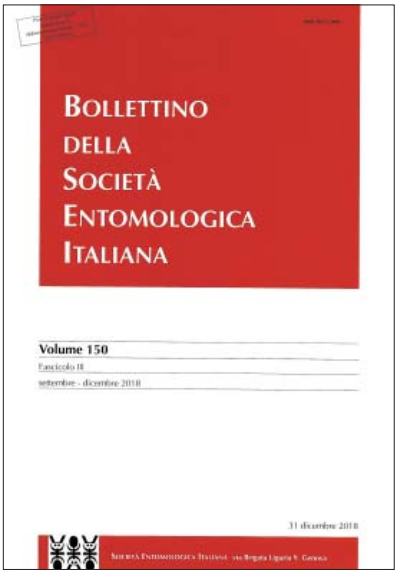
La Società Entomologica Italiana, nella sua lunga attività editoriale, ha pubblicato oltre 60.000 pagine a stampa. Oggi offre ai propri soci tre diverse testate:

1) il *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, pubblicazione che esce con tre numeri all'anno e che ospita articoli scientifici, le Segnalazioni faunistiche italiane (serie di brevi segnalazioni di reperti faunistici interessanti) e gli Atti sociali. È disponibile sia in formato cartaceo che on line.
2) le *Memorie della Società Entomologica Italiana*, pubblicazione destinata a ospitare articoli più corposi e monografie, con un volume all'anno, disponibile sia in formato cartaceo che on line.
3) il newsletter *Entomata*, con due/tre numeri all'anno a periodicità irregolare, disponibili solo nella versione on line.

Il centro di documentazione bibliografica (Biblioteca) è aperto tutti i sabati pomeriggio e consente ai soci la libera consultazione delle 400 riviste e delle 1.100 monografie presenti (oltre a una miscellanea di circa 7.000 estratti). Inoltre, sempre per i soci, è disponibile un servizio fotocopie e pdf, anche per corrispondenza.

Il sito internet della Società (http://www.societaentomologicaitaliana.it/it/) permette di conoscere le attività dei gruppi di lavoro, fornisce notizie su convegni e corsi, elenca opportunità per studenti, contiene i link alle varie pubblicazioni sociali ed offre varie altre utili funzionalità.

All'interno dell'associazione è attiva una Sezione di Entomologia Agraria e sono stati istituiti gruppi di lavoro su "Api", "Insetti commestibili", "Specie inva-



Copertine delle tre testate dei periodici pubblicati dalla Società.

sive", "Punteruolo rosso delle palme" ed "Entomologia forense".

Ogni anno la Società concede il proprio patrocinio a conferenze, convegni, corsi e altre iniziative, spesso in sinergia con l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Inoltre dal 1979 ha bandito 33 edizioni del Premio Giovanni Binaghi, destinato ad incoraggiare giovani autori di un lavoro particolarmente meritevole su insetti e artropodi affini della fauna italiana.

Associarsi alla Società Entomologica Italiana oggi significa non solo poter fruire dei servizi offerti dall'associazione e partecipare agli eventi da essa organizzati, ma anche dare forza a un "corpo intermedio" che possiede sufficiente autorità e storia per poter avere un ruolo nel tutelare gli interessi degli entomologi italiani, siano essi professionisti o dilettanti, strutturati o non strutturati; chiunque abbia un serio interesse per l'entomologia ha la possibilità di essere parte di una tradizione che dura da un secolo e mezzo, dando così continuità a una delle più antiche società scientifiche italiane.

88 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 89-92

POTENZIALITÀ E LIMITI DELLA LOTTA BIOLOGICA CONTRO GLI INSETTI DANNOSI ALLE PIANTE IN ITALIA

SINTESI DELLA TAVOLA ROTONDA TENUTASI A FIRENZE IL 22 FEBBRAIO 2019 E DEGLI SVILUPPI SUCCESSIVI

ANDREA BATTISTI [a] * - ALBERTO ALMA [b] - EMILIO GUERRIERI [c] - PIO FEDERICO ROVERSI [d]

[a] *Università di Padova, Dipartimento DAFNAE, Legnaro, Padova, Italia*
[b] *Università di Torino, Dipartimento DISAFA, Grugliasco, Torino, Italia*
[c] *Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Portici (NA), Italia*
[d] *CREA Centro di ricerca Difesa e Certificazione, Firenze Italia*
* Andrea Battisti -andrea.battisti@unipd.it
ORCID 0000-0002-2497-3064

The potential and limits of the biological control of plant pests in Italy
Synthesis of the meeting held in Florence on 22nd February 2019 and its follow-up

The round table discussion has addressed the major issues related to classical biological control in Italy, with a special attention to the last successes and failures and to the current regulation limits of the practice in the country. The research institutions involved in classical biological control of plant pests released a declaration where they offer collaboration to the government organizations, to assess the risk associated with the release of non-native biocontrol agents on a case-by-case analysis, as stated in a governmental decree released in September 2019.

KEY WORDS: biocontrol, invasion, regulation, risk assessment.

SPECIE INVASIVE E RISCHI PER LE PIANTE COLTIVATE E GLI ECOSISTEMI

Le piante coltivate stanno subendo da alcuni decenni danni gravi causati da specie di insetti e altri artropodi importate da altri continenti con gli scambi commerciali. Queste specie riescono a sfuggire ai pur stretti controlli fitosanitari per le loro ridotte dimensioni, per essere spesso nascoste nei tessuti vegetali o per la evidente difficoltà di esaminare l'enorme mole di merci oggetto degli scambi. Il numero di specie è in continua crescita (SEEBENS *et al.*, 2017 e 2018) ed ha gravi conseguenze economiche (PAINI *et al.*, 2016) e sulla biodiversità (BRADSHAW *et al.*, 2016).

Il cambiamento climatico rende più probabile l'insediamento delle specie provenienti da regioni calde e in generale favorisce la diffusione e la sopravvivenza invernale delle specie proveniente da tutte le regioni geografiche con le quali intercorrono gli scambi. Questo aspetto aggrava, talora in modo sensibile, il danno economico (LEHMANN *et al.*, 2020).

Il trasporto di materiale vegetale è associato a microrganismi che possono essere presenti in modo asintomatico nei tessuti e che possono instaurare rapporti nuovi sia con le piante coltivate in Italia sia con i vettori indigeni di microrganismi, stabilendo nuove relazioni che possono avere conseguenze nefaste per le piante spontanee e coltivate.

Vi sono quindi una estrema necessità ed urgenza di procedere all'individuazione di metodi atti a limitare i rischi in ciascuna della fasi di introduzione di organismi esotici, per poter salvaguardare il patrimonio produttivo nazionale e l'integrità degli ecosistemi.

LOTTA BIOLOGICA CLASSICA

La lotta biologica classica è utilizzata in tutto il mondo come risposta per il contenimento delle specie di insetti invasivi ed il nostro paese è pioniere nella sua applicazione. Essa si basa sull'introduzione di antagonisti individuati nelle zone di origine dei fitofagi e rappresenta il modo più logico ed economico di contrasto delle specie invasive. La grande diversità degli antagonisti e il diverso livello di specializzazione rendono tuttavia problematica la scelta della specie più adatta da introdurre nelle diverse condizioni colturali e ambientali nei quali i fitofagi sono introdotti. Sono infatti necessari lunghi periodi di osservazione per identificare i migliori candidati per il rilascio. Questa fase è accompagnata da una caratterizzazione dell'antagonista che è definita integrata, combinando

– Pubblicato marzo 2020

approcci di natura morfologica, biologica, molecolare (e.g. GUERRIERI *et al.*, 2016).

Le diverse condizioni climatiche nelle zone di origine e di introduzione rappresentano spesso il principale ostacolo all'affermazione degli antagonisti, che non ha avuto sempre successo principalmente per una errata individuazione delle nicchie eco-climatiche degli organismi presi in considerazione. Nonostante il parziale successo della lotta biologica classica, la comunità scientifica riconosce questo strumento come l'azione prioritaria da intraprendere per il contrasto delle specie invasive dannose alle piante coltivate, sottoponendolo tuttavia a una profonda analisi critica che deve per forza di cose essere svolta per ogni caso specifico.

In uno dei più recenti casi di arrivo in Italia (ed in Europa) di una specie aliena invasiva e nell'urgenza di far fronte in modo sostenibile ed efficace alla devastante minaccia, questa valutazione è stata inizialmente accelerata (e quindi ridotta, in termini di numero di specie non target saggiate) sotto la spinta del settore produttivo interessato. Si sta parlando del caso del cinipide galligeno del castagno (*Dryocosmus kuriphilus*) e del suo antagonista naturale (*Torymus sinensis*). L'approccio seguito, sulla base delle esperienze maturante in Oriente da cui provenivano sia la specie dannosa che il suo antagonista, ha dato i suoi frutti in un tempo finanche minore rispetto a quanto riportato in letteratura consentendo al settore castanicolo di risolvere questa emergenza in modo efficace e rapido (FERRACINI e ALMA, 2015; CASCONE *et al.* 2018). Tale risultato è stato raggiunto attraverso un coordinamento nazionale delle operazioni e quindi regionale che hanno consentito una efficace distribuzione dell'antagonista sul territorio culminato in una situazione di controllo pressoché totale (FERRACINI *et al.*, 2017; FERRACINI *et al.*, 2019).

L'esempio riportato pone all'attenzione dei ricercatori e del legislatore tre punti fondamentali. Da un lato, il considerare che la principale responsabile degli squilibri della fauna indigena non è la specie antagonista, bensì quella dannosa. Dall'altro, la necessita di intervenire con estrema rapidità qualora la specie introdotta rappresenti una concreta e consistente minaccia ai settori produttivi sia agricoli che forestali. Infine, l'importanza dei coordinamenti nazionale e regionali per il raggiungimento dei risultati sperati nel minor tempo possibile.

Queste considerazioni valgono perfettamente per una specie anch'essa proveniente dall'Oriente e rapidamente diffusasi sul territorio nazionale: la cimice asiatica marmorizzata *Halyomorpha halys*. Ad aggravare la situazione c'è da considerare che mentre il cinipide galligeno del castagno era ed è in grado di attaccare solo piante del genere *Castanea*, la cimice marmorizzata è capace di alimentarsi e riprodursi su decine di piante coltivate e piante spontanee. Inoltre, il potenziale riproduttivo della cimice è accresciuto dal compimento di 2-3 generazioni l'anno mentre il cinipide ne compie una sola, con conseguente presenza in campo di diversi stadi di sviluppo durante larga parte dell'anno. Tutto ciò rende particolarmente complicato il controllo che dovrebbe interessare non solo le aree agricole ma anche quelle caratterizzate da flora spontanea. Nonostante ciò, è possibile utilizzare con efficacia un approccio di tipo "biologico classico" poiché dalle stesse aree di origine della specie dannosa proviene un efficace antagonista, il *Trissolcus japonicus* (https://www.stopbmsb.org/biological-control/samurai-wasp-trissolcus-japonicus/).

L'esperienza recente del controllo del cinipide galligeno del castagno ha permesso di gestire la nuova emergenza seguendo i medesimi passi, a partire dalla costituzione di un tavolo di gestione nazionale con rappresentanti di tutte le regioni. Si tratta ora di gestire le fasi relative alla valutazione del rischio, all'allevamento e alla distribuzione dell'antagonista naturale avvalendosi delle esperienze maturate soprattutto negli Stati Uniti, dove la cimice ha determinato ingenti danni sia sulla costa Orientale che su quella Occidentale.

Appare evidente che la tempestività di intervento è un aspetto fondamentale per la riuscita di un programma di controllo sostenibile ed ancor più per il controllo biologico. In casi di particolare rilevanza economica si crea una forte discrepanza tra i tempi necessari per valutare gli aspetti negativi connessi all'introduzione di un antagonista esotico ed il danno conseguente ad una introduzione non tempestiva. In questi casi, il settore produttivo coinvolto è in grado di esercitare una forte pressione sugli organi legislativi tanto più forte quanto più esso è importante e trainante per l'economia nazionale. Ciò determina una brusca accelerata delle operazioni di allevamento e rilascio dell'antagonista esotico che può aumentare significativamente le possibilità di successo.

La globalizzazione e la difficoltà di controllare tutti i porti di accesso in modo continuo ed efficace impone a tutti gli enti coinvolti ed interessati dall'arrivo di una specie fitofaga aliena una grande elasticità pur nel rispetto delle normative imposte non solo dal nostro paese ma anche dall'Unione Europea. Ma in queste situazioni è necessario effettuare un confronto tra le conseguenze di una introduzione "affrettata" di un antagonista esotico e quelle dell'uso diffuso e spesso indiscriminato di prodotti insetticidi di sintesi utilizzati nelle prime fasi di invasione di una specie fitofaga aliena.

La letteratura indica probabilmente un solo vero caso di introduzione di antagonista naturale sfociato in forte danno ambientale, ed è un caso che riguarda una specie di predatore: la coccinella arlecchino *Harmonia axyridis*. Probabilmente occorre distinguere tra un predatore generalista, come *H. axyridis*, e un parassitoide che presenta normalmente maggiore spe-

cificità. A tal proposito, un vecchio caso di introduzione con conseguente spiazzamento della specie autoctona ha visto come protagoniste due specie del genere *Encarsia*, entrambe parassitoidi dell'aleirode delle serre *Trialeurodes vaporariorum*. La specie dominante, ma scarsamente efficace nel sud Italia, era l'*E. formosa*. L'introduzione della specie esotica *E. pergandiella* è risultata in uno spiazzamento della specie indigena nel Meridione ma ciò ha permesso il raggiungimento di livelli di controllo fino ad allora mai realizzati (Giorgini e Viggiani, 2003).

In conclusione, data la complessità dei rapporti trofici che si instaurano tra specie fitofaghe e specie antagoniste, e qualora il tempo disponibile sia sufficiente, le valutazioni di rischio consentono di ridurre al minimo gli impatti indesiderati dell'introduzione di un nemico naturale esotico ma va sempre considerato che lo squilibrio è determinato in primis dall'arrivo della specie fitofaga aliena. Al contrario, nelle emergenze fitosanitarie, sarebbe auspicabile ridurre al minimo l'intervallo temporale che intercorre tra l'arrivo del fitofago e l'introduzione dell'antagonista.

Limiti legislativi

Le giuste preoccupazioni per i rischi ecologici associati all'introduzione delle specie invasive hanno indotto l'Unione Europea e i vari paesi ad adottare misure legislative di divieto dell'introduzione di specie esotiche. Vari provvedimenti sono stati presi negli ultimi 25 anni e alcuni di questi generalizzano il divieto, comprendendo quindi anche le introduzioni volontarie di organismi da utilizzare per la lotta biologica classica a qualunque tipo di organismo bersaglio, come ad esempio insetti fitofagi, microrganismi fitopatogeni, piante infestanti.

La gestione delle specie invasive dannose alle piante coltivate e agli ecosistemi basata sull'impiego di mezzi di controllo ordinari, quali l'applicazione di biocidi di vario genere, trova ostacoli sempre maggiori legati all'adozione, sempre a livello comunitario, di giustificate misure restrittive al loro impiego.

Tale situazione genera una costante crescita delle domanda di impiego della lotta biologica classica, che tuttavia si scontra sia con i limiti nella sua applicazione, di cui al punto precedente, sia con le misure legislative che ne vietano l'uso nel nostro paese. Per rispondere a questa specifica esigenza, sollevata anche nell'incontro di cui al presente scritto, il governo italiano ha preso, nei mesi successivi all'incontro e grazie all'impegno di varie istituzioni, la decisione di poter ricorrere alla lotta biologica classica in casi specifici, da valutare secondo una procedura in via di definizione (Decreto del Presidente della Repubblica 5 luglio 2019, n. 102 in vigore dal 20 settembre 2019).

Competenze della comunità scientifica nazionale

La comunità scientifica nazionale ha sviluppato negli ultimi decenni profonde conoscenze nel campo della lotta biologica classica, dimostrate da pubblicazioni e interventi nelle principali sedi nazionali ed estere di discussione e confronto. Tali competenze sono distribuite nell'intero paese e riguardano tutti i tipi di ecosistemi.

Molti entomologi sono coinvolti in progetti internazionali in cui la lotta biologica classica viene studiata e forniscono le loro competenze a partire dalla ricerca per arrivare all'applicazione in vari tipi di ambienti. L'elevata partecipazione della comunità scientifica alla tavola rotonda del 22 febbraio 2019 indica una forte sensibilità per questo tema e evidenzia come vi sia un forte sostegno per tutte le iniziative indirizzate a un uso della lotta biologica classica per il contenimento dei fitofagi.

Proposta finale

Considerato quanto sopra esposto la Società Entomologica Italiana – Sezione di Entomologia Agraria unitamente all'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia si propongono come interlocutori per le istituzioni competenti, in primis i Ministeri per l'Agricoltura e per l'Ambiente e gli istituti scientifici di cui si avvalgono (CREA e ISPRA), per formulare pareri specifici in relazione all'adozione della lotta biologia classica, con particolare riferimento alle specie invasive ed in riferimento alla procedura da seguire per mettere in pratica il Decreto 102 del luglio 2019.

Tali pareri saranno fondati da un lato sulle competenze della comunità scientifica e dall'altro sui procedimenti di valutazione del rischio messi a punto negli ultimi anni da parte di varie organizzazioni internazionali (CBD, EPPO, FAO).

L'obiettivo è valutare la fattibilità dell'introduzione di antagonisti esotici tenendo conto dei potenziali impatti negativi sugli ecosistemi e dei benefici ottenibili in termini di controllo dei fitofagi e di salvaguardia ambientale. Il parere sarà basato sulle conoscenze scientifiche più avanzate e verrà fornito sulla base di un procedimento da individuarsi in specifici provvedimenti legislativi.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono grati a Alessandro Bratti e Piero Genovesi (ISPRA/MATT) e a Bruno Caio Faraglia (MIPAF) per la proficua collaborazione nell'organizzazione della Tavola Rotonda.

BIBLIOGRAFIA

Bradshaw C.J.A., Leroy B., Bellard C., Roiz D., Albert C., Fournier A., Barbet-Massin M., Salles J-M., Simard F., Courchamp F., 2016 – *Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects.* - Nature Comm., 7: 12986.

Cascone P., Carpenito S., Iodice L., Raimo S., Guerrieri E., 2018 - *Introduction and acclimation of Torymus sinensis (Hymenoptera: Torymidae) in the South of Italy.* - Entomologia Generalis, 37: 93-101.

Ferracini C., Alma A., 2015 – *La lotta biologica per il controllo di* Dryocosmus kuriphilus *in Italia*. - Atti Acc. Naz. It. Entomol., 53: 177-182.

Ferracini C., Ferrari E., Pontini M., Nova L.K.H., Saladini M.A., Alma A., 2017 – *Post-release evaluation of non-target effects of Torymus sinensis, the biological control agent of* Dryocosmus kuriphilus *in Italy*. - BioControl, 62: 445-456.

Ferracini C., Ferrari E., Pontini M., Saladini M.A., Alma A., 2019 – *Effectiveness of* Torymus sinensis*: a successful long-term control of the Asian chestnut gall wasp in Italy*. - J. Pest Sci., 92:353-359.

Giorgini M. Viggiani G., 2003 – *A compared evaluation of* Encarsia formosa *Gahan and* Encarsia pergandiella *Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) as biological control agents of* Trialeurodes vaporariorum *(Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato under greenhouse in southern Italy*. – Bull. OILB/SROP, 23: 109-116.

Guerrieri E., Giorgini M., Cascone P., Carpenito S., Van Achterberg C., 2016 – *Species diversity in the parasitoid genus* Asobara *(Hymenoptera: Braconidae) from the native area of the fruit fly pest* Drosophila suzukii *(Diptera: Drosophilidae)*. - PLoS One, 11: (2) e0147382.

Lehmann P., Ammunét T., […], Björkman C., 2020 – *Complex responses of global insect pests to climate warming*. - Front. Ecol. Environ., doi: 10.1002/fee.2160.

Paini D.R., Sheppard A.W., Cook D.C., De Barro P.J., Worner S.P., Thomas M.B., 2016 – *Global threat to agriculture from invasive species.* – Proc. Nat. Ac. Sci. USA, 113: 7575–7579.

Seebens H., Blackburn T.M., […], Essl F., 2017 – *No saturation in the accumulation of alien species worldwide*. - Nature Comm., 8:14435.

Seebens H. Blackburn T.M., […], Essl F., 2018 – *Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools*. - Proc. Nat. Ac. Sci. USA, 115: 2264-2273.

Seduta pubblica, Firenze 22 febbraio 2019

Tavola Rotonda su:

CIMICE ASIATICA *HALYOMORPHA HALYS*: NUOVE ACQUISIZIONI E APPLICAZIONI NELLA DIFESA

Coordinatori:
Alberto Alma e Luciana Tavella, Accademici

94 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 95-100

GLOBAL PEST STATUS OF *HALYOMORPHA HALYS* AND IMPACT OF ITS ASSOCIATED PARASITOIDS

TIM HAYE [a]

[a] *CABI, Rue des Grillons 1, 2800 Delémont, Switzerland*; e-mail: t.haye@cabi.org
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Global pest status of Halyomorpha halys *and impact of its associated parasitoids*

The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), has emerged as very damaging invasive insect pest in North America and Europe in the 1990s and 2000s, respectively. *Halyomorpha halys* is highly polyphagous both in its native and invaded ranges, feeding on and damaging on over 200 host plants, including field crops, vegetables, tree fruits, and ornamentals. Since its arrival in the 1990s, major yield losses have been observed in apples, pears, peaches, and nectarines in invaded areas of the USA. In Europe, it is now present in 27 countries, causing damage in pear, apple, peach, kiwi, hazelnut, corn and peppers. In Asia, *H. halys* is only an occasional outbreak pest of tree fruit. Whereas the impact of native natural enemies on invasive *H. halys* populations in Europe and North America is generally considered low, classical biological control using the Asian egg parasitod *Trissolcus japonicus* seems more promising. Surveys in Asia have shown that *T. japonicus* often causes egg parasitism of 50-90% in the field. In 2014, *T. japonicus* was found to be established outdoors in the USA and more recently, adventive populations were also discovered in Canada, Switzerland and Italy. Regardless if the commercial use of *T. japonicus* will be permitted by European governments, the arrival of *T. japonicus* is now irreversible, and bioclimatic models suggest that it will spread throughout Europe. In the US, the *T. japonicus* is currently being relocated and released in agricultural locations within state boundaries where *T. japonicus* has spread naturally.

KEY WORDS: brown marmorated stink bug, distribution, egg parasitoids, *Trissolcus japonicus*, biological control.

GLOBAL PEST STATUS OF *HALYOMORPHA HALYS*

The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) (Fig. 1), has emerged as very damaging invasive insect pest in North America and Europe in the 1990s and 2000s, respectively. Native to China, Japan, Korea and Taiwan, it is spreading rapidly worldwide, notably through human-mediated activities (HAYE *et al*., 2015b). Ocean-going cargo containers or packing crates containing overwintering *H. halys* adults appear to be one of the most common pathways of introduction (HOEBEKE & CARTER, 2003). However, *H. halys* has also been intercepted from ship decks and other cargo including transported machinery, furniture and cars (DUTHIE *et al*., 2012). Studies on the patterns of haplotype diversity of *H. halys* in different parts of Europe indicated the movement of successful invasive populations to generate secondary invasions within Europe ('bridgehead effect'), as well as the occurrence of multiple invasions from Asia that are still in progress (GARIEPY *et al*., 2014). In the Southern Hemisphere *H. halys* has only established in Chile so far (FAÚNDEZ & RIDER, 2017), but is frequently intercepted by border officials in a number of countries including New Zealand (Duthie *et al*., 2012) and Australia (HORWOOD *et al*., 2019). In the past three years, 80 to 90% of intercepted adults at New Zealand's borders originated from shipments exported from Italy, demonstrating the increasing risk of secondary introductions.

Halyomorpha halys is highly polyphagous both in its native and invaded ranges, feeding on and damaging on over 200 host plants, including field crops, vegetables, tree fruits, and ornamentals. Woody ornamental plants provide early- and late-season resources for adults emerging from and returning to overwintering sites, as well as feeding and breeding sites for *H. halys* throughout the growing season. A synthesis of host use reported 51 host plants in 32 plant families in Europe (HAYE *et al*., 2014b). This list included European native and non-native plants, ranging from herbaceous perennials to woody trees and shrubs, but the actual host range is likely much broader. Feeding injury causes depressed or sunken areas that may become cat-faced as fruit develops (Fig. 2). Late season injury causes corky spots on the fruit. Feeding may also cause fruiting structures to abort prematurely.

– Pubblicato marzo 2020

Fig. 1 – The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*.

Fig. 2 – Pears damaged by *Halyomorpha halys* in an orchard in Emilia Romagna.

Similar damage occurs in fruiting vegetables such as tomatoes and peppers, although frequently later in the season. Feeding can cause failure of seeds to develop in crops such as maize or soybean.

In North America damage to apples and pears was first detected Pennsylvania and New Jersey (Nielsen & Hamilton, 2009a). As of 2019, *H. halys* has been detected in 44 states and the District of Columbia in the USA and three Canadian Provinces (Leskey & Nielsen, 2018). In Delaware, Maryland, New Jersey, Pennsylvania, Virginia and West Virginia, New York, North Carolina, Tennessee, Michigan, and Wisconsin *H. halys* has become a severe agricultural and nuisance pest. In orchards where *H. halys* established in the USA, it quickly became the predominant stink bug species and, unlike native stink bugs, is a season-long pest of tree fruit (Nielsen & Hamilton, 2009; Leskey *et al*., 2012). In the mid-Atlantic region of the USA in 2010, 37 million USD of yield losses in apples was reported (Leskey *et al*., 2012). Since then, major yield losses have continued in apples, pears, peaches, and nectarines in invaded areas of the USA (Rice *et al*., 2014). The main field crops damaged by *H. halys* in the USA are corn and soybean.

In Europe, the first established population of *H. halys* was reported from Zurich, Switzerland, in 2007 (Wermelinger *et al*., 2008), but later it was confirmed that it had already been present in Zurich in 2004 (Haye *et al*., 2014a). Since the initial detection, the pest has been spreading to many new areas and is now present in 27 European countries (Claerebout *et al*., 2018). In addition, it also established in the Black Sea region, including Russia, Georgia and Abkhazia (Musolin *et al*., 2018). Crops affected by *H. halys* included primarily pear, apple, peach, kiwi, hazelnut, corn and peppers (Maistrello *et al*., 2017; Vétek & Korányi, 2017; Ciceoi *et al*., 2016). Particularly, significant crop losses in hazelnuts have been reported in Italy and Georgia (Bosco *et al*., 2018). In Switzerland, severe crop damage has been observed since 2017 due to the increasing spring and summer temperatures, which allowed *H. halys* to produce an additional second generation in areas where it used to be univoltine.

In Asia, *H. halys* is only an occasional outbreak pest of tree fruit (Funayama, 2002). Damage levels observed in pear and apples ranged from 10 to 80% and 23 to 31%, respectively. In South America, *H. halys* has only been detected in the urban area of Santiago de Chile so far, where it is considered a nuisance pest. Crop damage has not been reported.

In areas where *H. halys* has established and is causing damage to crops, insecticide applications have increased several-fold (Leskey *et al*., 2012), representing a major additional management cost for growers and also creating significant environmental concerns. Many insecticides used against *H. halys* are of unreliable efficacy; they often result in

"knock-down" and recovery of *H. halys*, and are even less effective against the late-season populations that cause the most damage (Leskey & Nielsen, 2018). In order to effectively manage *H. halys* therefore, repeated applications of broad-spectrum insecticides are currently needed (Kuhar & Kamminga, 2017). These frequent and non-selective spray programmes have disrupted existing integrated pest management strategies, resulting in outbreaks of secondary pests that are normally held in check by naturally present biological control agents (Leskey *et al*., 2012).

Impact of natural enemies in Asia and invaded areas

Three principal groups of hymenopteran parasitoids attack *H. halys* eggs in its native range in Asia as well as in the invaded areas of North America and Europe: Scelionidae (*Telenomus*, *Trissolcus*, and *Gryon* spp.), Eupelmidae (*Anastatus* spp.), and Encyrtidae (*Ooencyrtus* spp.). Native European egg parasitoids, such as *Anastatus bifasciatus* (Eupelmidae), *Trissolcus kozlovi* (Scelionidae) and *Ooencyrtus telenomicida* (Encyrtidae) can successfully develop on viable eggs of *H. halys* (Haye *et al*., 2015a; Roversi *et al*., 2016; Stahl *et al*., 2018; Costi *et al*., 2019; Moraglio *et al*., 2019), whereas other native European egg parasitoids in the genera *Trissolcus* and *Telenomus* have been reported to oviposit in *H. halys* eggs but their offspring are unable to develop on the exotic host (Haye *et al*., 2015a; Konopka *et al*., 2017).

To date the generalist egg parasitoid *A. bifasciatus* is the most prevalent native egg parasitoid of the invasive *H. halys* in Europe (Fig. 3). To assess its efficacy against the pest *H. halys* in a realistic field setting, inundative releases were conducted over three consecutive years in four fruit orchards in Switzerland and Italy (Stahl *et al*., 2019b). In total, more than 4,300 *A. bifasciatus* females were released, which was equivalent to 11,000 to 26,000 females per hectare, depending on distances between trees in each orchard. Parasitism of freeze-killed sentinel *H. halys* eggs post releases achieved on average only 6% (range: 2–16%). However, the overall impact of *A. bifasciatus* on the mortality of *H. halys* eggs was likely underestimated. If pre-imaginal parasitoid mortality (3.3%) and host feeding (6%) are added to the observed parasitism (6%), the actual induced mortality of *H. halys* eggs may reach more than 15%, which is, however, still considered not high enough to effectively suppress the pest.

In North America the relative prevalence of different parasitoid species associated with *H. halys* eggs is habitat-dependent (Abram *et al*., 2017). *Telenomus podisi* tends to dominate field/vegetable crop and orchard habitats, while *Anastatus* spp. (Eupelmidae) and *Trissolcus* spp. (Scelionidae) make up most of the parasitoid community in ornamental, semi-natural/urban, and forest habitats. Habitat associations were not absolute, however, as several of the most commonly detected parasitoid

Fig. 3 – *Anastatus bifasciatus* parasitizing an egg mass of *Halyomorpha halys*.

species (e.g., *Anastatus reduvii*, *Trissolcus euschisti*, *Ooencyrtus* spp., *T. podisi*) were found at least once across several habitat types. A few of the most common parasitoid species (e.g., *A. reduvii*, *T. euschisti*) were found in both the western and central/eastern USA.

Whereas the impact of native natural enemies on invasive *H. halys* populations in Europe and North America is generally low (Abram *et al*., 2017), classical biological control using native natural enemies from the pest's origin seems to be more promising. *Halyomorpha halys* eggs are parasitized by 14 species of parasitoids throughout its native range of China and Japan, which is associated with a reduced pest status in these areas (reviewed in Lee *et al*., 2013). Recent surveys in China have shown that the dominant parasitoid of *H. halys* is the so-called samurai wasp, *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) (Fig. 4), often parasitizing between 50-90% of eggs in the field in China (Yang *et al*., 2009; Zhang *et al*., 2017).

Upon initiation of classical biological control programs in the USA and Europe, this parasitoid was identified as the most promising candidate for introduction. Host range testing in China, Europe and North America showed that *T. japonicus* is capable of parasitizing some non-target Pentatomidae and Scutelleridae to varying degrees, but at lower rates than *H. halys* eggs (Zhang *et al*., 2017; Hedstrom *et al*., 2017; Haye *et al*., 2019; Lara *et al*., 2019). These studies suggest that 'host use' (minor use of a non-target species for reproduction) of some non-target species is a likely scenario, but on the other hand this may also increase the chances of establishment and survival of *T. japonicus* populations.

While host range studies were still ongoing, in 2014 *T. japonicus* was found to be established outdoors in Maryland (USA), indicating that it had been accidentally introduced (Talamas *et al*., 2015). Other established populations were then found in Oregon and Washington State (USA) in 2015 (Milnes *et al*., 2016). More, recently adventive populations of *T. japonicus* were also discovered in Canada (Abram *et al*., 2019), southern Switzerland (Stahl *et al*., 2019a), and northern Italy (Sabbatini Peverieri *et al*., 2018; Moraglio *et al*., 2019). In addition, a second Asian species, *Trissolcus mitsukurii*, was reared just recently from *H. halys* eggs in northern Italy (Sabbatini Peverieri *et al*., 2018; Moraglio *et al*., 2019). Petitions for the use of *T. japonicus* as biological control agent in Italy and Switzerland are currently in preparation. Regardless of the decisions taken by the governments, the arrival of *T. japonicus* in Europe is now irreversible, and bioclimatic envelope models (Avila & Charles, 2018) suggest that it will spread throughout Europe, following the invasion routes of its primary host, *H. halys*. Based on a risk-benefit analysis considering scientific data, economic analysis, contemporary evidence and broader social impacts, an application for release of *T. japonicus*

Fig. 4 – *Trissolcus japonicus* guarding a parasitized egg mass of *Halyomorpha halys*.

was recently approved in New Zealand to support an eradication programme in the event of a *H. halys* incursion. In the US, *T. japonicus* is currently being relocated and released in agricultural locations within state boundaries where *T. japonicus* has spread naturally (Jentsch, 2017).

BIBLIOGRAFIA

Abram P., Hoelmer K., Acebes-Doria A., Andrews H., Beers E., Bergh J.C., Bessin R., Biddinger D., Botch P., Buffington M., Cornelius M., Costi E., Delfosse E., Dieckhoff C., Dobson R., Donais Z., Grieshop M., Hamilton G., Haye T., Hedstrom C., Herlihy M.V., Hoddle M., Hooks C.R.R., Jentsch P., Neelandra J., Kuhar T., Lara J., Legrand A., Lee J., Leskey T., Lowenstein D., Milnes J., Maistrello L., Morrison III W.R., Nielsen A.L., Ogburn E., Pickett C., Poley K., Pote J., James R., Shrewsbury P.M., Talamas E., Tavella L., Walgenbach J., Waterworth R., Weber D.C., Welty C., Wiman N.G., 2017b – *Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe*. - J. Pest Sci., 90: 1009-1020.

Abram P.K., Talamas E.J., Acheampong S., Mason P.G., Gariepy T.D., 2019 – *First detection of the samurai wasp,* Trissolcus japonicus *(Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae), in Canada*. - J. Hymenopt. Res., 68: 29-36.

Avila G.A., Charles J.G., 2018 – *Modelling the potential geographic distribution of* Trissolcus japonicus*: a biological control agent of the brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys. - BioControl., 63: 505-518.

Bosco L., Moraglio S.T., Tavella L., 2018 – Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas*. - J. Pest Sci., 91: 661-670.

Ciceoi R., Mardare E., Eliza T., Dobrin I., 2016 – *The status of brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in Bucharest area*. - J. Hortic. For. Biotech, 20(4): 18-25.

Claerebout S., Haye T., Olafsson E., Pannier E., Bultot J., 2018 – *Premières occurrences de* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) pour la Belgique et actualisation de sa répartition en Europe (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae)*. - B. Soc. R. Bel. Entomol., 154: 205-227.

Costi E., Haye T., Maistrello L., 2019 – *Surveying native egg parasitoids and predators of the invasive* Halyomorpha halys *in Northern Italy*. - J. Appl. Entomol., 143: 299-307.

Duthie C.D., Michael T., Stephenson B., Yamoah E., McDonald B., 2012 – *Risk analysis of* Halyomorpha halys *(brown marmorated stink bug) on all pathways*. Wellington, New Zealand: Biosecurity Risk Analysis Group, Ministry of Agriculture and Forestry of New Zealand, 57 pp.

Faúndez E., Rider D.A., 2017 – *The brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile*. – Arq. Entomol., 17: 305-307.

Funayama K, 2002 – *Comparison of the susceptibility to injury of apple cultivars by stink bugs*. - Jpn. J. Appl. Entomol. Z., 46(1): 37-40.

Gariepy T.D., Haye T., Fraser H., Zhang J., 2014 – *Occurrence, genetic diversity, and potential pathways of entry of* Halyomorpha halys *in newly-invaded areas of Canada and Switzerland*. - J. Pest Sci., 87: 17-28.

Haye T., Abdallah S., Gariepy T., Wyniger D., 2014a – *Phenology, life table analysis, and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in Europe*. - J. Pest Sci., 87: 407-418.

Haye T., Wyniger D., Gariepy T., 2014b – *Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe*. In: Müller G., Pospischil, R., Robinson W.H. (Eds.), 2014b – Proceedings of the Eighth International Conference on Urban Pests, 20-23 July, Zurich, Switzerland, OOK-Press, Verszprém, pp. 309-314.

Haye T., Fischer S., Zhang J., Gariepy T.D., 2015a – *Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae), in Europe?* - J. Pest Sci., 88: 693-705.

Haye T., Gariepy T.D., Hoelmer K., Rossi J.P., Streito J.C., Tassus T., Desneux N., 2015b – *Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug,* Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide*. - J. Pest Sci., 88: 665-673.

Haye T., Moraglio T., Stahl J., Visentin S., Gregorio T., Tavella L., 2019 – *Fundamental host range of* Trissolcus japonicus *in Europe*. - J. Pest Sci., https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-019-01127-3

Hedstrom C., Lowenstein D., Andrews H., Bai B., Wiman N., 2017 – *Pentatomid host suitability and the discovery of introduced populations of* Trissolcus japonicus *in Oregon*. - J. Pest Sci., 90: 1169-1179.

Hoebeke E.R., Carter M.E., 2003 – Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America*. - Proc. Entomol. Soc. Washington, 105(1): 225-237.

Horwood M., Milnes J.M., Cooper W.R., 2019 – *Brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae), detections in Western Sydney, New South Wales, Australia*. - Aust. Entomol., 58: 857-865.

Jentsch P., 2017 – *Expanding the Range of the Samurai Wasp,* Trissolcus japonicus*, in New York Orchards*. http://nyshs.org/wp-content/uploads/2018/04/Jentsch-Pages-31-36-from-NYFQ-Winter-Book-2017.pdf

Konopka J.K., Haye T., Gariepy T., McNeil J., Mason P., Gillespie D., 2017 – *An exotic parasitoid provides an invasional lifeline for native parasitoids*. - Ecol. Evol., 7: 277-284.

Kuhar T.P., Kamminga K., 2017 – *Review of the chemical control research on* Halyomorpha halys *in the USA*. - J. Pest Sci., 1021-1031.

Lara J.R., Pickett C.H., Kamiyama M.T., Figueroa S., Romo M., Cabanas C., Bazurto V., Strode V., Briseno K., Lewis M., Oliva J., Hernandez G., Hoddle M.S., 2019 – *Physiological host range of* Trissolcus japonicus *in relation to* Halyomorpha halys *and other pentatomids from California*. - BioControl, 64: 513-528.

Lee D.H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C., 2013a – *Review of the biology, ecology, and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea*. - Environ. Entomol., 42: 627-641.

Leskey T.C., Short B.D., Butler B.R., Wright S.E., 2012 – *Impact of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Stal), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: case studies of commercial management*. - Psyche: 535062.

Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – *Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.

Maistrello L., Vaccari G., Caruso S., Costi E., Bortolini S., Macavei L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini R., Casoli L., Fornaciari M., Mazzoli G.L., Dioli P., 2017 – *Monitoring of the invasive* Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy*. - J. Pest Sci., 90: 1231-1244.

Moraglio S.T., Tortorici F., Pansa M.G., Castelli G., Pontini M., Scovero S., Visentin S., Tavella, L., 2019 – *A 3-year survey on parasitism of* Halyomorpha halys *by egg parasitoids in northern Italy*. - J. Pest Sci., https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-019-01136-2

Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Protsenko V.Y., Ayba L.Y., Saulich A.K., 2018 – *Invasive brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål)(Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops*. - Arthropod-Plant Inte., 12(4): 517-529.

Nielsen A.L., Hamilton G.C., 2009 – *Life history of the invasive species* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 102(4): 608-616.

Rice K.B., Bergh C.J., Bergmann E.J., Biddinger D.J., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Gariepy T., Hamilton G., Haye T., Herbert A., 2014 – *Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae)*. - J. Integr. Pest Manage., 5: A1-13.

Roversi P.F., Marianelli L., Costi E., Maistrello L., Sabbatini P.G., 2016 – *Searching for native egg-parasitoids of the invasive alien species* Halyomorpha halys *Stål (Heteroptera Pentatomidae) in Southern Europe*. - Redia, 99: 63-70

Sabbatini Peverieri G., Talamas E., Bon M.C., Marianelli L., Bernardinelli I., Malossini G., Benvenuto L., Roversi P.F., Hoelmer K., 2018 – *Two Asian egg parasitoids of* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy:* Trissolcus mitsukurii *(Ashmead) and* Trissolcus japonicus *(Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae)*. - J. Hymenopt. Res., 67: 37-53.

Stahl J., Babendreier D., Haye T., 2018 – *Using the egg parasitoid* Anastatus bifasciatus *against the invasive brown marmorated stink bug in Europe – can non-target effects be ruled out?* - J. Pest Sci., 91:1005-1017.

Stahl J., Tortorici F., Pontini M., Bon M.C., Hoelmer K., Marazzi C., Tavella L., Haye T., 2019a – *First discovery of adventive populations of* Trissolcus japonicus *(Ashmead) in Europe*. - J. Pest Sci., 92: 371-379.

Stahl J.M., Babendreier D., Marazzi C., Costi E., Maistrello L., Haye T., 2019b – *Can* Anastatus bifasciatus *be used for augmentative biological control of the brown marmorated stink bug?* - Insects, 10(4): E 108

Talamas E.J., Herlihy M.V., Dieckhoff C., Hoelmer K., Buffington M., Bon M.C., Weber D.C., 2015a – Trissolcus japonicus *(Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerges in North America*. - J. Hymenopt. Res., 43: 119-128.

Vétek G., Korányi D., 2017 – *Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae), in Hungary*. - Period. Biol., 119: 131-135.

Wermelinger B., Wyniger D., Forster B., 2008 – *First records of an invasive bug in Europe:* Halyomorpha halys *Stal (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees?* - Mit. Sch. Entomol. Ges., 81(1/2):1-8.

Yang Z.Q., Yao Y.X., Qiu L.F., Li Z.X., 2009 – *A new species of* Trissolcus *(Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 102: 39-47.

Zhang J., Zhang F., Gariepy T., Mason P., Gillespie D., Talamas E., Haye T., 2017 – *Seasonal parasitism and host specificity of* Trissolcus japonicus *in northern China*. - J. Pest Sci., 90: 1127-1141.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 101-106

BIOLOGIA E DIFFUSIONE DI *HALYOMORPHA HALYS*, L'AUTOSTOPPISTA INVASIVO CHE SCONVOLGE LA DIFESA INTEGRATA

LARA MAISTRELLO [a]

[a] *Dipartimento di Scienze della Vita, Centro BIOGEST-SITEIA, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Amendola 2, 42122 Reggio-Emilia;* e-mail:lara.maistrello@unimore.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Biology and spread of Halyomorpha halys*, the invasive hitchhiker that disrupts integrated pest management*

Halyomorpha halys is an invasive fast-spreading pest of global importance native to East Asia, currently reported in the United States, Canada, Chile and Europe. Its bioecological features favour the human-assisted worldwide spread as a hitchhiker on inanimate objects by any means of transport and make its management in the field very difficult. *H. halys* causes severe damage to many crops and in Northern Italy it quickly became key-pest of fruit orchards, resulting in an increase in the number of treatments with broad spectrum insecticides, seriously disrupting previous IPM programs. The great success of this invasive species seems to be related to: i) the wide range of suitable host plants, both cultivated and spontaneous; ii) the great mobility of all instars; iii) the very high growth rate potential (in Northern Italy, R_0 = 24.04 and 5.44 for the overwintering and summer generation, respectively); iv) the scarcity and very low efficacy of the native biocontrol agents; iv) the strong association with human beings, especially during the overwintering period, that, beside making it a household nuisance pest, highly facilitates the diffusion through traveling people and goods.

KEY WORDS: Brown marmorated stink bug, invasive species, polyphagous crop pest, household nuisance pest, life table study.

Halyomorpha halys Stål, 1855 (Heteroptera, Pentatomidae) è un fitofago emergente di interesse globale (HAYE & WEBER, 2017). Originaria dell'Asia orientale (LEE *et al.,* 2013), introdotta nel continente Americano a partire da metà anni '90 (HOEBEKE & CARTER, 2003), dove attualmente è diffusa in quasi tutti gli Stati Uniti e diverse province del Canada (LESKEY & NIELSEN, 2018), è stata riportata anche in Cile dal 2016 (FAÚNDEZ & RIDER, 2017). Il primo rinvenimento in Europa è avvenuto in Svizzera nel 2004 (HAYE *et al*., 2015a) e nel 2012, quando è stata trovata per la prima volta in Italia in Emilia Romagna (MAISTRELLO *et al.,* 2016), era già presente anche in Francia (CALLOT & BRUA, 2013) e Grecia (MILONAS & PARTSINEVELOS, 2014). A febbraio 2019 *H. halys* risulta diffusa in quasi tutti i paesi del continente Europeo e nei paesi sul Mar Nero (Fig. 1), (GAPON, 2016, MUSOLIN *et al*., 2018, AK *et al*., 2019) ad eccezione di Portogallo, Gran Bretagna e paesi del Nord Europa (CLAEREBOUT *et al.,* 2018, MAISTRELLO *et al*., 2018, INATURALIST, 2019).

Le cause di una tale rapidissima espansione vanno ricercate nella biologia e nel comportamento della specie. In autunno gli adulti che entrano in svernamento, adattati fisiologicamente per resistere a condizioni sfavorevoli (non necessitano di alimentarsi, presentano elevata tolleranza a temperature sfavorevoli), si rifugiano in micro-habitat nascosti, asciutti e riparati, che in natura trovano nelle fessure e interstizi in cima ad alberi eretti con corteccia spessa, come *Quercus* spp e *Robinia* spp (LEE *et al*., 2014a). In aree antropizzate si rintanano aggregandosi anche in gran numero negli anfratti di strutture costruite dall'uomo come edifici ed oggetti inanimati di vario tipo: abitazioni, magazzini, capannoni, containers, veicoli, all'interno di imballaggi di vari tipi di merci, valige, vestiti ecc. E questo comportamento le rende quindi anche fastidiosi infestanti urbani, soprattutto nel caso di edifici circondati da aree verdi, sopraelevati rispetto al contesto (INKLEY, 2012). Se da un lato, questa stretta associazione con l'uomo può essere sfruttata nelle indagini "citizen science" per rilevare e seguire la diffusione in tempo reale della specie, elaborando anche modelli spazio-temporali di espansione (MAISTRELLO *et al,*. 2016, 2018, MALEK *et al*., 2018, HANCOCK *et al*., 2019), dall'altro è proprio questo il fattore chiave che facilita la diffusione di questo insetto autostoppista tramite tutti i mezzi di trasporto (MAISTRELLO *et al.,* 2018), rendendo di fatto inarrestabile ed estremamente rapida la sua propagazione nel mondo ed incrementandone le potenzialità invasive, anche perché queste cimici sfuggono alle regolari ispezioni fitosanitarie in quanto non viaggiano su materiale vegetale.

Le analisi genetiche degli individui raccolti in diversi siti Europei evidenziano un'elevata diversità delle popolazioni invasive di *H. halys*, in particolare in

– Pubblicato marzo 2020

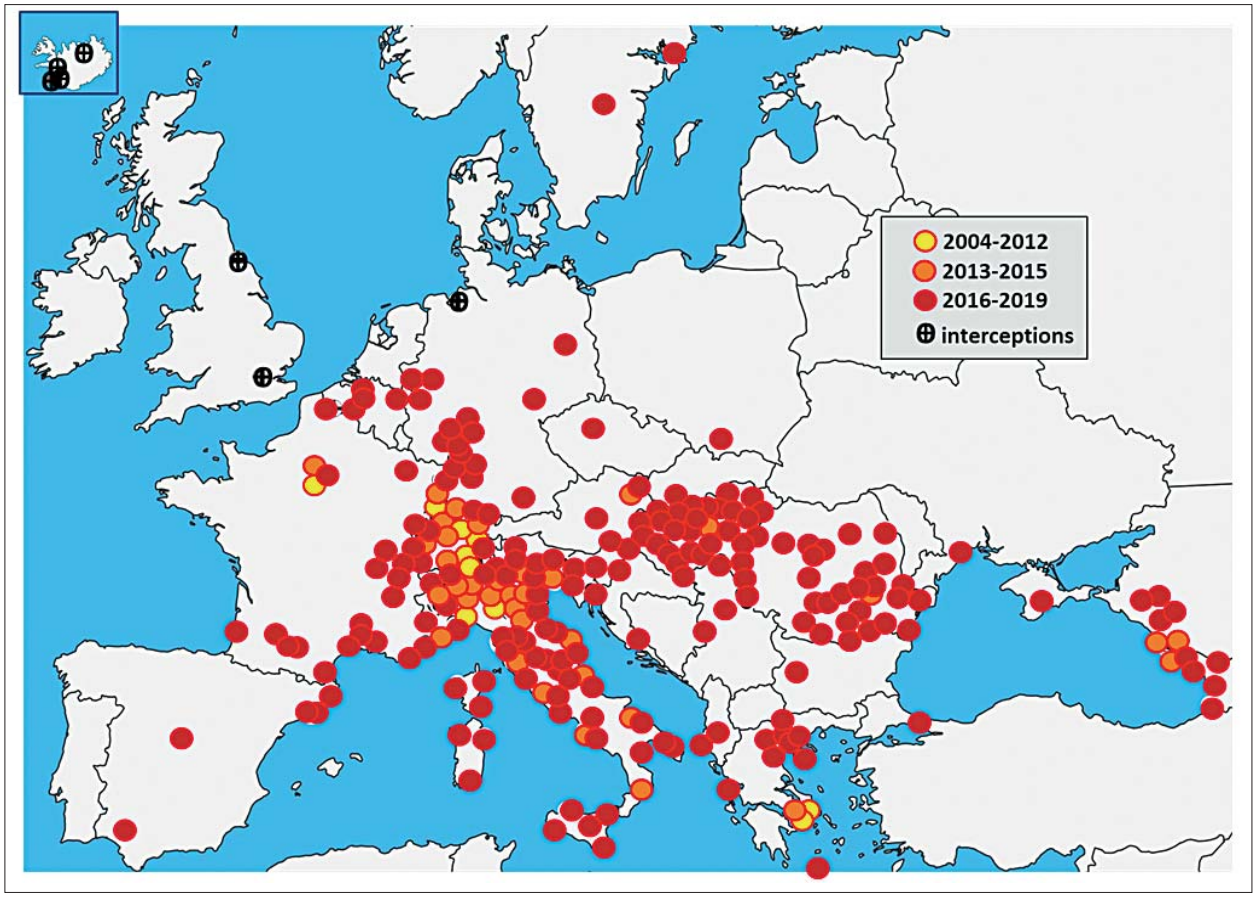


Fig. 1 – Diffusione di *Halyomorpha halys* in Europa (Febbraio 2019).

Italia (Cesari *et al*., 2015, 2017) e in Grecia (Morrison *et al.*, 2017), dimostrando che si tratta del frutto di molteplici introduzioni, ancora in corso, dall'Asia e da altri paesi in cui è stata introdotta a seguito degli scambi commerciali e dei viaggi delle persone e confermando l'ipotesi che la diffusione assistita dall'uomo svolga un ruolo importante nel potenziale invasivo di questa specie.

D'altra parte sono in aumento le intercettazioni di individui anche vivi di *H. halys* nelle dogane, porti e aeroporti in diversi paesi in Europa e nel mondo, in particolare Australia e Nuova Zelanda (Charles *et al.*, 2019, Horwood *et al*., 2019), e rappresentano motivo di grande preoccupazione per le autorità di biosicurezza, che devono attuare misure speciali per ridurre i rischi di contaminazione, con ricadute negative sugli scambi commerciali internazionali. Specificamente, a partire da metà gennaio 2018 sia Australia[1] che Nuova Zelanda[2] hanno deciso di imporre trattamenti obbligatori sulle merci provenienti da tutti i paesi europei in cui è accertata la presenza di cimice asiatica, determinando un incremento dei costi a carico delle imprese esportatrici per effettuare i trattamenti (con calore o fumigazioni) seguendo specifici protocolli e ritardi nella consegna delle merci.

Il grande successo di questa specie invasiva in grado di causare danni molto gravi alle colture, si riconduce sempre alle caratteristiche bioecologiche e comportamentali, tali anche da renderne assai difficile la gestione in campo. La capacità di insediamento nelle nuove aree in cui è introdotta è facilitata dall'avere un ampio range di piante ospiti (oltre 300 specie), che include una grande varietà di colture frutticole, ortive ed estensive, così come piante ornamentali e spontanee (Lee *et al*., 2013, Haye *et al.,* 2014a, Maistrello *et al*., 2016, Martinson *et al*., 2016, Leskey & Nielsen, 2018). *H. halys* si nutre pungendo e succhiando tessuti vegetali (Fig. 2) causando deformità, discromie, cicatrici, depressioni, macchie e suberificazioni (Fig. 3), che rendono i prodotti non commerciabili; tali punture causano inoltre infezioni secondarie e danni post-raccolta.

Parte del successo di *H. halys* risiede anche nella elevata mobilità di tutti gli stadi: gli adulti volano in media 2 km/giorno, ma possono arrivare a compiere fino a 116 km/giorno (Wiman *et al*., 2014, Lee & Leskey, 2015), mentre gli stadi giovanili possono

[1] https://www.agriculture.gov.au/import/before/brown-marmorated-stink-bugs
[2] https://www.biosecurity.govt.nz/law-and-policy/requirements/ihs-import-health-standards/vehicle-machinery-and-parts-import-health-standard-tool/

Fig. 2 – Adulto di *Halyomorpha halys* mentre si nutre su un frutto (Foto Elena Costi, UNIMORE).

Fig. 3 – Danni da *Halyomorpha halys* su pero causati da punture precoci (a sinistra, foto G. Aldrovandi) e punture tardive (a destra, foto G. Vaccari).

percorrere oltre 20 m/giorno spostandosi tra le diverse piante (Lee *et al*., 2014b).

I parametri biologici di *H. halys* in Europa sono stati indagati per mezzo di indagini "life table" sia in Svizzera (Haye *et al*., 2014b), che in Italia (Costi *et al*., 2017) utilizzando individui raccolti in autunno, mantenuti alle condizioni ambientali esterne di temperatura, umidità e fotoperiodo. Si registrava giornalmente il numero di individui che via via usciva dallo svernamento e tra quelli sopravvissuti, un gruppo con *sex ratio* 1:1, mantenuto in condizioni ambientali esterne con cibo e acqua *ad libitum*, è stato regolarmente monitorato per registrarne fecondità, tempi di sviluppo e mortalità. In Svizzera si registra un'unica generazione (ma nel 2017 e 2018 ne sono state osservate 2; Tim Haye, comunicazione personale) ed un numero medio di circa 80 uova/femmina (R_0 = 5,69). Per quanto riguarda l'Italia le indagini sono avvenute in Emilia Romagna nell'arco di 4 anni (2015-2018) ed i risultati sul ciclo biologico di *H. halys* possono essere così sintetizzati: il picco di uscite dallo svernamento è tra aprile e metà maggio; si registrano due generazioni complete, parzialmente sovrapposte, con compresenza dei diversi stadi di sviluppo; l'inizio delle ovideposizioni è metà maggio per la generazione svernante e metà luglio per quella estiva; vengono prodotte in media

285 uova/femmina dalla generazione svernante e 215 da quella estiva (R_0 = 24.04 e 5.44 rispettivamente per le due generazioni) (Costi *et al*., 2017); la durata media della vita è circa un anno per la generazione svernante e 70-80 giorni per quella estiva. Si è osservata una considerevole variabilità tra i diversi anni nelle tempistiche di uscita dallo svernamento, di ovideposizione e tempi di sviluppo e sui valori di fecondità e mortalità da uovo ad adulto, attribuibile alle diverse condizioni climatiche.

È inoltre da rilevare la scarsità e la ridotta efficacia degli antagonisti naturali nativi nelle aree in cui la cimice è stata introdotta (Abram *et al*., 2017). Indagini in campo in Europa hanno dimostrato che la parassitizzazione delle uova di cimice Asiatica variava dal 2,7-38,5% in Svizzera (usando uova di sentinella congelate) all'1-3% in Emilia Romagna (usando uova di sentinella fresche) fino al 12-21% in Piemonte (raccogliendo uova deposte naturalmente). In tutti questi studi la specie predominante di parassitoide oofago è il generalista *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy) (Hymenoptera: Eupelmidae) (Haye *et al*., 2015b, Costi *et al*., 2018, Moraglio *et al*., 2020). Nelle stesse indagini, una quantità variabile di uova è stata persa o ha mostrato sintomi dovuti alla predazione (masticazione o suzione): fino al 31% in Svizzera; 2-5% in Emilia Romagna; 0,4-8,7% in Piemonte. In uno studio di laboratorio la formica arborea *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera: Formicidae), non ha predato le uova ma si è dimostrata molto efficace nel predare tutti gli stadi giovanili, dimostrando tempi di predazione più rapidi sugli stadi di neanide rispetto a quelli di ninfa (Castracani *et al*., 2017). Altri studi di laboratorio effettuati utilizzando specie native europee di diversi predatori generalisti raccolti in natura hanno dimostrato che le neanidi possono essere predate da alcune specie di Tettigonidae, Reduvidae e Nabidae (Bulgarini *et al*., 2019).

Da una indagine effettuata tra il 2014 e il 2016 in alcune aziende del territorio modenese e reggiano nei pereti e nelle aree incolte adiacenti (siepi ed aree erbacee) utilizzando tecniche attive per valutare l'abbondanza, la stagionalità e l'impatto di *H. halys* e di altri eterotteri fitofagi, è emerso che già pochi anni dopo la prima scoperta, questa specie invasiva superava largamente in abbondanza tutti gli altri Eterotteri, e che era presente nei frutteti lungo tutta la stagione produttiva causando danni considerevoli (oltre il 50% di frutti deformi nella maggioranza delle aziende campionate) soprattutto nelle aree perimetrali (Maistrello *et al.,* 2017). Questo studio ha dimostrato per la prima volta il grande potenziale dannoso di *H. halys* come nuovo fitofago chiave dei frutteti per l'Europa meridionale e i rilievi effettuati negli anni successivi in questa ed altre aree frutticole del nord Italia hanno confermato ampiamente la gravità dei danni causati da questo fitofago e le conseguenze della sua invasione nella gestione dei frutteti.

Non esistono insetticidi specifici efficaci contro la cimice Asiatica e i prodotti disponibili non danno risultati soddisfacenti in termini di riduzione dei danni, a causa del limitato effetto abbattente iniziale e della breve attività residuale (Leskey *et al.* 2012a, Leskey *et al.*, 2014). Analogamente a quanto accaduto negli Stati Uniti (Leskey *et al.,* 2012b), anche in Italia nelle aree fortemente colpite da *H. halys* è aumentato di conseguenza l'impiego di insetticidi ad ampio spettro, stravolgendo i precedenti programmi di difesa integrata e determinando, a lungo termine, un impatto negativo sull'economia e sull'ambiente. Ad esempio, secondo i disciplinari di difesa integrata su pero in Emilia Romagna[3], nel 2014 contro questo insetto erano autorizzati al massimo 5 trattamenti con neonicotinoidi e organofosfati, mentre nel 2019 sono stati autorizzati fino a 10 trattamenti, includendo anche 2 trattamenti con piretroidi. Alcuni studi hanno evidenziato l'efficacia delle reti multifunzionali (Candian *et al.,* 2018, Caruso & Vergnani, 2019) e delle strategie che intensificano i trattamenti nelle aree perimetrali dei frutteti (Blaauw *et al.,* 2015). Nell'ottica di razionalizzare la gestione della cimice Asiatica verso una maggiore sostenibilità, è necessario ponderare l'utilizzo delle diverse strategie in un contesto che possa valorizzare ed implementare il controllo biologico sia da parte di agenti nativi che, in futuro, anche di quelli esotici.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è frutto delle ricerche eseguite nell'ambito del Progetto "Strumenti e protocolli innovativi per il monitoraggio ed il controllo sostenibile della cimice aliena *Halyomorpha halys*, nuova minaccia fitosanitaria, e di altri eterotteri dannosi alle colture frutticole del territorio modenese" (SIME 2013.0665) cofinanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, e del Progetto "HALYS" PSR 2014-2020 Op. 16.1.01 - GO PEI-Agri - FA 4B, con il coordinamento del CRPV, cofinanziato dalla Regione Emilia Romagna.

BIBLIOGRAFIA

Abram P.K., Hoelmer K.A., Acebes-Doria A., Andrews H., Beers E.H., Bergh J.C., Bessin R., Biddinger D., Botch P., Buffington M.L., Cornelius M.L., Costi E., Delfosse E.S., Dieckhoff C., Dobson R., Donais Z., Grieshop M., Hamilton G., Haye T., Hedstrom C.,

[3] https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/produzioni-agroalimentari/temi/bio-agro-climambiente/agricoltura-integrata/disciplinari-produzione-integrata-vegetale/Collezione-dpi/2019/disciplinari-2019

Herlihy M.V., Hoddle M.S., Hooks C.R.R., Jentsch P., Joshi N.K., Kuhar T.P., Lara J., Lee J.C., Legrand A., Leskey T.C., Lowenstein D., Maistrello L., Mathews C.R., Milnes J.M., Morrison W.R., Nielsen A.L., Ogburn E.C., Pickett C.H., Poley K., Pote J., Radl J., Shrewsbury P.M., Talamas E., Tavella L., Walgenbach J.F.,. Waterworth R., Weber D.C., Welty C., Wiman N.G., 2017 – *Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe*. - J. Pest Sci., 90: 1009-1020.

Ak K., Uluca M., Aydin Ö., Gokturk T., 2019 – *Important invasive species and its pest status in Turkey:* Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae)*. - J. Plant Dis. Prot., 126: 401-408.

Blaauw B.R., Polk D., Nielsen A.L., 2015 – *IPM-CPR for peaches: incorporating behaviorally-based methods to manage* Halyomorpha halys *and key pests in peach.* - Pest Manag. Sci., 71: 1513-1522.

Bulgarini G., Badra Z., Maistrello L., 2019 – *Predatory ability of wild generalist predators against eggs and first instar nymphs of* Halyomorpha halys, *In* IOBC-WPRS Bull. Presented at the Proceedings of the meeting at Lisbon (Portugal), 20-25 January 2019: "Merging pheromones and other semiochemicals with integrated fruit production: current approaches and applications from research to field implementation in a changing environment", pp. 106-107.

Callot H.-J., Brua C., 2013 – Halyomorpha halys *(Stål, 1855), la punaise diabolique, nouvelle espèce pour la faune de France (Heteroptera Pentatomidae)*. - L'Entomologiste, 69: 69-71.

Candian V., Pansa M.G., Briano R., Peano C., Tedeschi R., Tavella L., 2018 – *Exclusion nets: a promising tool to prevent* Halyomorpha halys *from damaging nectarines and apples in NW Italy*. -Bull. Insectology., 71: 21-30.

Caruso S., Vergnani S., 2019 – *Cimice asiatica: buon controllo con le reti multifunzionali.* - Inf. Agrar., 24-25: 47-50.

Castracani C., Bulgarini G., Giannetti D., Spotti F.A., Maistrello L., Mori A., Grasso D.A., 2017 – *Predatory ability of the ant Crematogaster scutellaris on the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys. - J. Pest Sci., 90: 1181-1190.

Cesari M., Maistrello L., Ganzerli F., Dioli P., Rebecchi L., Guidetti R., 2015 – *A pest alien invasion in progress: potential pathways of origin of the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *populations in Italy.* - J. Pest Sci., 88: 1-7.

Cesari M., Maistrello L., Piemontese L., Bonini R., Dioli P., Lee W., Park C.-G., Partsinevelos G.K., Rebecchi L., Guidetti R., 2017 – *Genetic diversity of the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *in the invaded territories of Europe and its patterns of diffusion in Italy.* - Biol. Inv., 20: 1073-1092.

Charles J.G., Avila G.A., Hoelmer K.A., Hunt S., Gardner-Gee R., MacDonald F., Davis V., 2019 – *Experimental assessment of the biosafety of* Trissolcus japonicus *in New Zealand, prior to the anticipated arrival of the invasive pest* Halyomorpha halys*.* - BioControl, 64: 367-379.

Claerebout S., Haye T., Ólafsson E., Pannier É., Bultot J., 2018 – *Premières occurrences de* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) pour la Belgique et actualisation de sa répartition en Europe (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae).* - Bull. Société R. Belge D'Entomologie, 154: 2015-227.

Costi E., Haye T., Maistrello L., 2017 – *Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in southern Europe*. - J. Pest Sci., 90: 1059-1067.

Costi E., Haye T., Maistrello L., 2018 – *Surveying native egg parasitoids and predators of the invasive* Halyomorpha halys *in Northern Italy.* - J. Appl. Entomol., 143: 299-307.

Faúndez E.I., Rider D.A., 2017 –*The brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile*. - Arq. Entomolóxicos, 17: 305-307.

Gapon D.A., 2016 – *First records of the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Georgia*. - Entomol. Rev., 96: 1086-1088.

Hancock T.J., Lee D.-H., Bergh J.C., Morrison W.R., Leskey T.C., 2019 – *Presence of the invasive brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) on home exteriors during the autumn dispersal period: Results generated by citizen scientists*. - Agric. For. Entomol., 21: 99-108.

Haye T., Wyniger D., Gariepy T., 2014 a – *Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe*. *In* Proc. Eighth Int. Conf. Urban Pests. Zurich, Switzerland, pp. 309-314

Haye T., Abdallah S., Gariepy T., Wyniger D., 2014 b– *Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in Europe*. - J. Pest Sci,. 87: 407-418.

Haye T., Gariepy T., Hoelmer K., Rossi J.-P., Streito J.-C., Tassus X., Desneux N., 2015 a – *Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug,* Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide.* - J. Pest Sci., 88: 665-673.

Haye T., Fischer S., Zhang J., Gariepy T., 2015 b – *Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae), in Europe?* - J. Pest Sci., 88: 693-705.

Haye T., Weber D.C., 2017 – *Special issue on the brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*: an emerging pest of global concern.* - J. Pest Sci., 90: 987-988.

Hoebeke E.R., Carter M.E., 2003 – Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America.* - Proc. Entomol. Soc. Wash., 105: 225-237.

Horwood M., Milnes J.M., Cooper W.R., 2019 – *Brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae), detections in Western Sydney, New South Wales, Australia*. - Austral Entomol., 58: 857-865.

Inaturalist, 2019 – https://www.inaturalist.org/taxa/81923-Halyomorpha-halys.

Inkley D.B., 2012 – *Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae).* - J. Entomol. Sci., 47: 125-130.

Lee D.-H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C., 2013 – *Review of the biology, ecology, and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea.* - Environ. Entomol., 42: 627-641.

Lee D.-H., Cullum J.P., Anderson J.L., Daugherty J.L., Beckett L.M., Leskey T.C., 2014 a – *Characterization of overwintering sites of the invasive Brown Marmorated Stink Bug in natural landscapes using human surveyors and detector canines* - PLoS ONE, 9: e91575.

Lee D.-H., Nielsen A.L., Leskey T.C., 2014 b – *Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under*

laboratory and field conditions. - J. Insect Behav., 27: 639-651.

Lee D.-H., Leskey T.C., 2015 – *Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - Bull. Entomol. Res., 105: 566-573.

Leskey T.C., Lee D.-H., Short B.D., Wright S.E., 2012 a – *Impact of insecticides on the invasive* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of insecticide lethality*. - J. Econ. Entomol., 105: 1726-1735.

Leskey T.C., Short B.D., Butler B.R., Wright S.E., 2012 b – *Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug,* Halyomorpha halys *(Stål), in Mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: case studies of commercial management.* - Psyche J. Entomol., 2012.

Leskey T.C., Short B.D., Lee D.-H., 2014 – *Efficacy of insecticide residues on adult* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards.* - Pest Manag. Sci., 70: 1097-1104.

Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – *Impact of the invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.

Maistrello L., Dioli P., Bariselli M., Mazzoli G.L., Giacalone-Forini I., 2016 – *Citizen science and early detection of invasive species: phenology of first occurrences of* Halyomorpha halys *in Southern Europe*. - Biol. Inv., 18: 3109-3116.

Maistrello L., Vaccari G., Caruso S., Costi E., Bortolini S., Macavei L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini R., Casoli L., Fornaciari M., Mazzoli G.L., Dioli P., 2017 – *Monitoring of the invasive* Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy*. - J. Pest Sci., 90: 1231-1244.

Maistrello L., Dioli P., Dutto M., Volani S., Pasquali S., Gilioli G., 2018 – *Tracking the spread of sneaking aliens by integrating crowdsourcing and spatial modeling: the Italian invasion of* Halyomorpha halys*.* – BioScience, 68: 979-989.

Malek R., Tattoni C., Ciolli M., Corradini S., Andreis D., Ibrahim A., Mazzoni V., Eriksson A., Anfora G., 2018 – *Coupling Traditional Monitoring and Citizen Science to Disentangle the Invasion of* Halyomorpha halys - ISPRS Int. J. Geo-Inf., 7: 171.

Martinson H.M., Bergmann E.J., Venugopal P.D., Riley C.B., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2016 – *Invasive stink bug favors naïve plants: Testing the role of plant geographic origin in diverse, managed environments.* - Sci. Rep., 6.

Milonas P. G., Partsinevelos G.K., 2014 – *First report of brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece*. - EPPO Bull., 44: 183-186.

Moraglio S.T., Tortorici F., Pansa M.G., Castelli G., Pontini M., Scovero S., Visentin S., Tavella L., 2020 – *A 3-year survey on parasitism of* Halyomorpha halys *by egg parasitoids in northern Italy*. - J. Pest Sci., 93: 183-194.

Musolin D.L., Konjević A., Karpun N.N., Protsenko V.Ye., Ayba L.Ya., Saulich A.Kh., 2018 – *Invasive brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops.* - Arthropod-Plant Interact., 12: 517-529.

Wiman N.G., Walton V.M., Shearer P.W., Rondon S.I., Lee J.C., 2014 – *Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - J. Pest Sci., 88: 37-47.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 107-111

HALYOMORPHA HALYS, DALLO SVERNAMENTO ALLA COLONIZZAZIONE DELLE COLTURE

LARA BOSCO [a] - MARTINA NARDELLI [a] - LUCIANA TAVELLA [a]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino, Largo P. Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO).* E-mail*:* luciana.tavella@unito.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Halyomorpha halys, *from overwintering to crop colonization*

The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* is highly polyphagous and has a strong dispersal capacity, spreading at landscape level. Adults overwinter in sheltered locations, and they start to leave overwintering sites usually from March-early April, with numbers peaking in late spring. A better understanding of *H. halys* preferred host plants in the agro-ecosystem and of its dispersal behaviour in early spring might assist in developing improved and alternative management strategies. Our finding of early attractiveness of pheromone-baited traps at the beginning of the season can help the management of post-overwintering adults, usually scattered and difficult to reach in this period. Moreover, the interaction between pheromones and favourite host plants in early spring could be exploited for a long-lasting retention of bugs after they are initially attracted by the lures alone. Among the sampled plants, black locust, walnut, hazelnut, ash, European spindletree, hybrid plane, wild hope, elder and oak were the first species hosting the adults. The immunomarking-capture technique revealed the movement and spread of *H. halys* in the surveyed agro-ecosystems. In particular, the dispersal from overwintering refuges to wild host plants in uncultivated habitats, before hazelnut and other crop colonization, was found to be very homogenous within each area, irrespective of the distance between marked and sampled zones.

Key Words: host plants, response to pheromone, immunomarking, dispersal, agro-ecosystem.

Perché studiare la dispersione post svernamento?

Lo studio della bioetologia di *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), a partire dalla fuoriuscita dai siti di svernamento fino alla colonizzazione delle colture, può rivelarsi estremamente utile nell'ottica di una gestione integrata che preveda di contenere gli adulti prima dell'inizio dell'ovideposizione. È infatti nota la difficoltà di contrastare la cimice asiatica dopo che si è insediata nella coltivazione e ha dato il via alla generazione successiva, con un aumento esponenziale della popolazione. In particolare l'entità di infestazione può raggiungere livelli critici e difficilmente gestibili su quelle colture che siano al contempo ospiti di nutrizione e ospiti riproduttivi, come ad esempio il nocciolo, sul quale *H. halys* può compiere tutto il ciclo di sviluppo, causando così gravi danni e ingenti perdite di produzione (Bosco *et al.*, 2018).

In Piemonte, nel triennio 2016-2018, la sopravvivenza degli adulti svernanti è stata in media variabile tra 18% e 34%. Gli adulti abbandonano i rifugi invernali scalarmente da fine febbraio, nelle giornate più calde, sino a inizio giugno. Uno studio effettuato in Emilia-Romagna ha dimostrato che adulti fuoriescono dai siti di svernamento in condizioni di temperature massime giornaliere superiori a 14°C e di fotoperiodo di 13 ore (Costi *et al.*, 2017). In Piemonte i picchi di fuoriuscita sono di solito in aprile-maggio, in relazione alle annate e alle temperature. Gli adulti sopravvissuti si disperdono poi sul territorio, coprendo anche lunghe distanze di volo (diversi km al giorno), alla ricerca delle prime piante ospiti, su cui innanzi tutto nutrirsi per ripristinare le riserve energetiche spese durante l'inverno, accoppiarsi e, successivamente, cominciare l'attività di ovideposizione. L'intercettazione degli adulti dispersi sul territorio alla ricerca delle piante ospiti può offrire interessanti risvolti applicativi, rispetto al tentativo di contenimento delle popolazioni estive composte da adulti, quelli che hanno svernato e quelli della prima generazione, e stadi giovanili.

Allo scopo di individuare le prime piante ospiti a fine inverno-inizio primavera e di accertare le dinamiche di popolazione di *H. halys*, ossia gli spostamenti dai siti invernali ai primi ospiti, e da questi al nocciolo, sono state condotte da aprile ad agosto 2018 attività di ricerca in quattro aree del Piemonte, in provincia di Alessandria, Asti, Cuneo e Torino. Le aree di studio, con una superficie di 20-50 ha, erano caratterizzate dalla presenza di un corileto a gestione integrata, fortemente danneggiato dalla cimice nelle stagioni precedenti, zone coltivate e zone naturali, boschive e/o

– Pubblicato marzo 2020

incolte. Comprendevano inoltre almeno una zona con strutture antropiche, ove era stata preventivamente accertata la presenza di siti di svernamento della cimice. La densità di *H. halys* è stata rilevata mediante uso di trappole a feromoni (Fig. 1) e scuotimento della vegetazione, a partire dal mese di aprile. Quest'ultima tecnica è stata utilizzata anche per individuare le piante ospiti precoci, predilette e occasionali, tramite una stima di tipo qualitativo. I movimenti di *H. halys* negli agroecosistemi sono invece stati indagati attraverso la tecnica della immunomarcatura-cattura, utilizzando come marcatori la caseina e l'albumina.

Risposta ai feromoni di sintesi dopo lo svernamento

Le catture con le trappole effettuate durante l'intero periodo di campionamento (da inizio aprile a metà agosto) hanno permesso di accertare l'andamento della popolazione nelle quattro aree di indagine (Fig. 2). Non sono emerse differenze statisticamente significative (ANOVA, P>0,05) né tra le quattro aree né tra le zone di campionamento all'interno di ciascuna area. A inizio stagione è stato osservato un aumento di individui in corrispondenza dei periodi con maggiori temperature (18°C) e poche precipitazioni. Fra gli adulti catturati nel corso della stagione, la percentuale di femmine è stata variabile da 34 a 62%, mentre i giovani sono stati rilevati a partire da metà giugno (Fig. 2).

In tutte le aree analizzate, gli adulti hanno mostrato di rispondere ai feromoni di aggregazione disponibili in commercio (nello specifico Pherocon® Sticky Trap, Trécé) già a partire da inizio-metà aprile. Questa risposta precoce ai feromoni, ampiamente dibattuta e non sempre riscontrata in altre aree di invasione secondaria (Bergh *et al.*, 2017), nelle nostre aree è certamente influenzata dalle recenti formulazioni dei

Fig. 1 – Trappola a feromoni utilizzata per il monitoraggio di *Halyomorpha halys*.

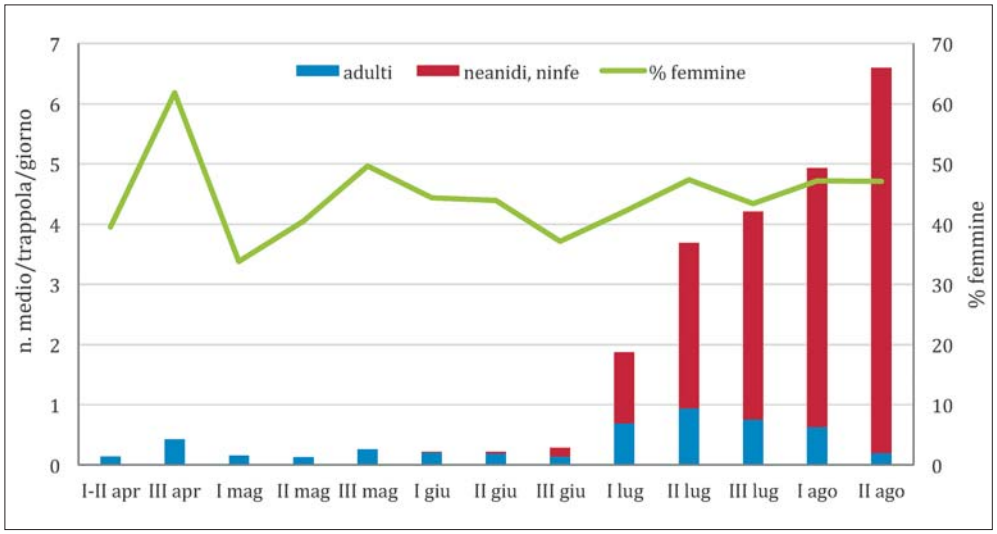


Fig. 2 – Andamento delle catture giornaliere di *Halyomorpha halys* effettuate con le trappole a feromoni nelle aree di indagine nel 2018.

feromoni di sintesi. Infatti inizialmente i formulati erano costituiti unicamente dal feromone di aggregazione di *Plautia stali* Scott [methyl (2E,4E,6Z)-2,4,6-decatrienoate (EEZ-MDT)], e solo successivamente è stato abbinato a quello emesso dai maschi di *H. halys* [(3S,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol e (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen3-ol (SSRS e RSRS)]. Dalla combinazione di questi componenti si ottiene un'azione sinergica maggiormente efficace (Weber *et al.*, 2017), a cui le popolazioni di *H. halys* insediatesi sul territorio piemontese avevano già mostrato di rispondere efficientemente nel corso dell'estate (Morrison *et al.*, 2017). Proprio l'attrattività dei feromoni all'inizio della stagione vegetativa può presentare utili ricadute applicative nella gestione degli adulti dopo lo svernamento, difficili da raggiungere in questa prima fase di dispersione.

Colonizzazione delle prime piante ospiti

Durante i sopralluoghi settimanali condotti a partire dal mese di aprile, *H. halys* è stata campionata mediante scuotimento su un telo (0,7×0,7 m) della vegetazione delle piante erbacee, arbustive e arboree presenti nelle aree di indagine. Ad aprile i primi adulti sono stati rinvenuti su robinia, noce, nocciolo, evonimo, frassino, platano, luppolina, sambuco e quercia. A maggio, adulti sono stati raccolti anche su edera, sanguinello, pioppo, salice, rovo, fico e gelso, oltre che sui fruttiferi come pesco, melo e ciliegio. In complesso gli ospiti precoci più attrattivi sono stati nocciolo, frassino, pesco, gelso e melo. Tuttavia il maggior numero di cimici è stato catturato sulle piante situate in prossimità (entro 5 m) delle trappole a feromoni, in particolare su falso indaco (*Amorpha fruticosa* L.), nocciolo, noce, robinia e sanguinello e, in misura minore, su luppolina, mais, rovo e sambuco. Si conferma così il potenziale attrattivo dei feromoni in primavera, evidenziando però anche l'importanza dell'interazione di questi con alcuni ospiti vegetali, che possano assicurare la ritenzione degli insetti per un certo periodo di tempo in seguito allo stimolo attrattivo iniziale.

Movimenti nell'agroecosistema rilevati con la tecnica dell'immunomarcatura-cattura

La tecnica dell'immunomarcatura-cattura è ampiamente utilizzata nello studio dei movimenti degli insetti e, più recentemente, è stata applicata anche per *H. halys* (Blaauw *et al.*, 2016; 2017). L'applicazione di questa tecnica nelle quattro aree di studio ha consentito di ricavare informazioni aggiuntive sui movimenti degli adulti in primavera. In particolare sono stati trattati, con soluzioni contenenti proteine, i probabili siti di svernamento (con caseina) e le prime piante ospiti (con albumina) della cimice, così da permettere la marcatura diretta degli insetti già presenti, o indiretta di quelli giunti secondariamente sulle superfici trattate (Fig. 3). Gli adulti sono stati poi catturati mediante trappole a feromoni adesive o direttamente sulla vegetazione tramite scuotimento, posti singolarmente in provette e trasferiti in laboratorio, dove sono stati successivamente analizzati attraverso saggio enzimatico immuno-assorbente (ELISA), per la ricerca delle proteine traccianti (Jones *et al.*, 2006).

È stato così possibile creare in ciascuna area di

Fig. 3 – Trattamento con soluzione a base di caseina per l'immunomarcatura di una struttura antropica, sede di svernamento di *Halyomorpha halys*.

indagine una mappa di distribuzione degli adulti dopo lo svernamento, ed evidenziarne la grande mobilità e l'attiva ricerca di piante ospiti idonee. La distribuzione degli individui provenienti dai siti di svernamento, o dalle prime piante ospiti disponibili, è risultata poco influenzata dal gradiente di distanza, quindi piuttosto omogenea all'interno delle aree indagate. In particolare è stato confermato lo spostamento dai siti di svernamento e dalle zone boschive a quelle coltivate, con il progredire della stagione. A titolo esemplificativo, in Fig. 4 è riportata l'area indagata in provincia di Alessandria, con una superficie di circa 50 ha. Gli individui catturati e sottoposti ad ELISA hanno mostrato di aver compiuto, già da fine aprile, voli da zone boschive (E, F) e strutture antropiche (H, G) verso zone con presenza di orticole (D) o cerealicole (B, C) nei pressi di fasce incolte, iniziando a dirigersi verso il corileto (A) a partire da inizio maggio (Fig. 4).

Conclusioni e potenziali applicazioni

In conclusione, i risultati ottenuti permettono di aggiungere ulteriori informazioni sul comportamento

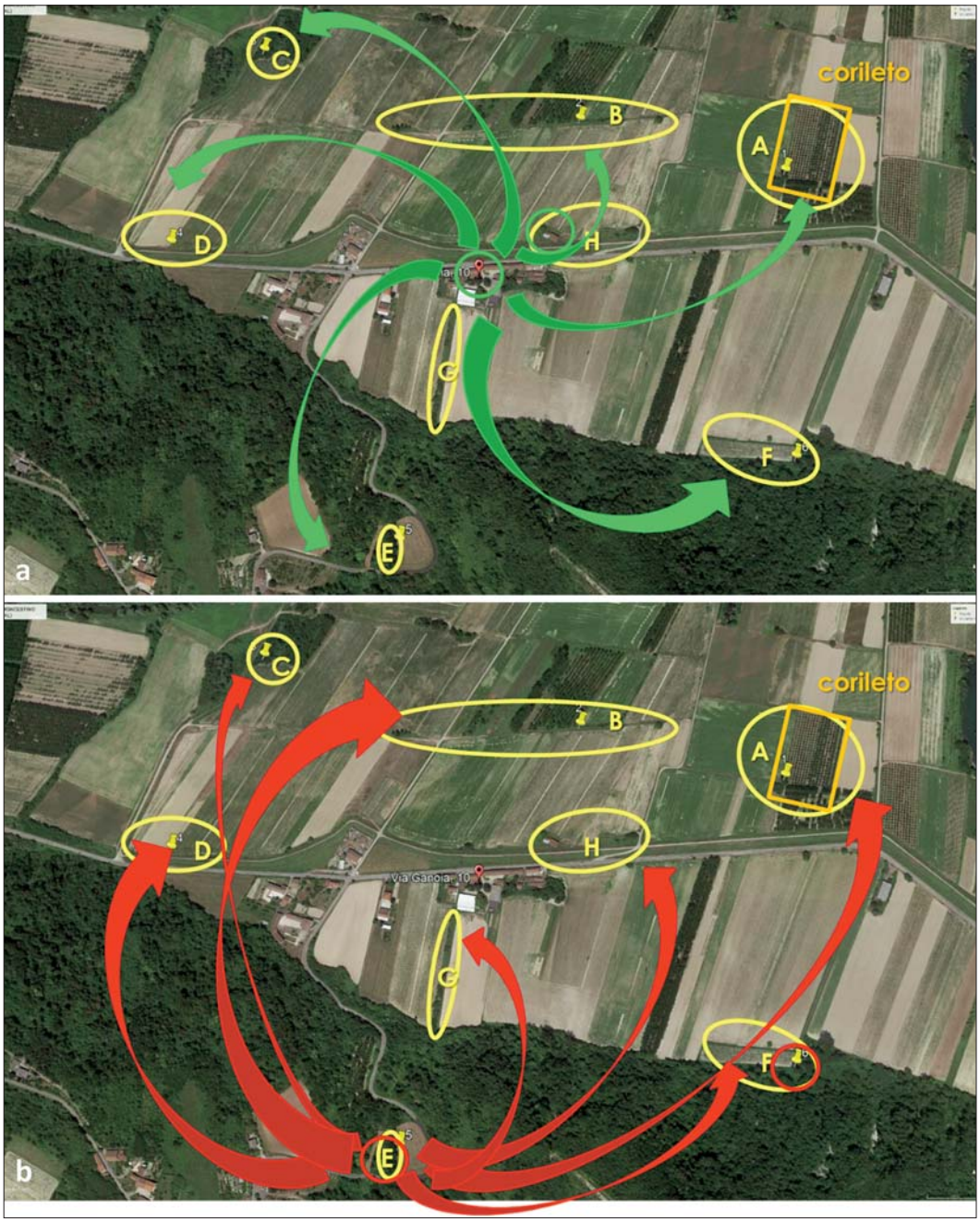


Fig. 4 – Schema dei movimenti di *Halyomorpha halys* rilevati con la tecnica dell'immunomarcatura-cattura nell'area indagata in provincia di Alessandria: a) distribuzione degli adulti dalle strutture antropiche di svernamento trattate con caseina (cerchi verdi, ○), alle zone campionate mediante scuotimento della vegetazione (lettere A-H) e trappole a feromoni (segnaposto 1-6); b) distribuzione degli adulti dalle zone boschive di prima colonizzazione trattate con albumina (cerchi rossi, ○), alle zone campionate mediante scuotimento della vegetazione (lettere A-H) e trappole a feromoni (segnaposto 1-6).

e sui movimenti di *H. halys* nell'agroecosistema. Si può ipotizzare che a inizio primavera, nel periodo che segue immediatamente l'uscita dallo svernamento, la cimice compia lunghe distanze di volo alla ricerca delle limitate risorse offerte dalle piante ospiti disponibili (Leskey e Nielsen, 2018). È proprio in questo periodo che pare vengano coperte le distanze di volo maggiori, alla ricerca dei primi ospiti su cui nutrirsi (Lee e Leskey, 2015). In particolare nelle nostre aree vengono inizialmente utilizzati per la nutrizione ospiti spontanei e/o essenze boschive, dove peraltro la specie potrebbe anche svernare, riparata in anfratti naturali come cortecce di alberi, soprattutto querce e robinia (Rice *et al.*, 2014). Con il progredire della stagione, gli adulti si muovono dagli ospiti selvatici a quelli coltivati, seguendo le fruttificazioni e invadendo campi coltivati e frutteti, come nel caso del corileto.

I risultati inoltre suggeriscono l'impiego delle specie vegetali, rivelatesi primi ospiti particolarmente favoriti, come pianta trappola, per una gestione sostenibile del corileto. Ciò porta a considerare, tra le possibili strategie di lotta, anche l'individuazione di "corridoi ecologici", cioè zone di passaggio dai siti di svernamento alle piante ospiti, e l'uso precoce dei feromoni di aggregazione per aumentare l'attrattività dei primi ospiti vegetali.

RINGRAZIAMENTI

Le ricerche sono state svolte con il contributo della Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo (progetto HALY-ENd) e di Ferrero Hazelnut Company, Gruppo Ferrero.

BIBLIOGRAFIA

Bergh J.V.T., Morrison III W., Leskey T., 2017 – *Characterizing spring emergence of adult* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) using overwintering shelters and pheromone traps*. - Entomol. Exp. Appl., 162: 336-345.

Blaauw B.R., Jones V.P., Nielsen A.L., 2016 – *Utilizing immunomarking techniques to track* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) movement and distribution within a peach orchard*. - PeerJ, 4: e1997.

Blaauw B.R., Morrison III W.R., Mathews C., Leskey T.C., Nielsen A.L., 2017 - *Measuring host plant selection and retention of* Halyomorpha halys *by a trap crop*. - Entomol. Exp. Appl., 163: 197-208.

Bosco L., Moraglio S.T., Tavella L., 2018 – Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas*. - J. Pest Sci., 91: 661-670.

Costi E., Haye T., Maistrello L., 2017 – *Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in southern Europe*. - J. Pest Sci., 90: 1059-1067.

Jones V.P., Hagler J.R., Brunner J.F., Baker C.C., Wilburn T.D., 2006 - *An inexpensive immunomarking technique for studying movement patterns of naturally occurring insect populations.* - Environ. Entomol., 35: 827-836

Lee D.H., Leskey T.C., 2015 – *Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - Bull. Entomol. Res., 105: 566-573.

Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – *Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.

Morrison W.R. III, Milonas P., Kapantaidaki D.E., Cesari M., Di Bella E., Guidetti R., Haye T., Maistrello L., Moraglio S.T., Piemontese L., Pozzebon A., Ruocco G., Short B.D., Tavella L., Vétek G., Leskey T.C., 2017 – *Attraction of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) haplotypes in North America and Europe to baited traps*. - Sci. Rep., 7: 16941.

Rice K.B., Bergh C.J., Bergmann E.J., Biddinger D.J., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Gariepy T., Hamilton G., Haye T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks C.R., Jones A., Krawczyk G., Kuhar T., Martinson H., Mitchell W., Nielsen A.L., Pfeiffer D.G., Raupp M.J., Rodriguez-Saona C., Shearer P., Shrewsbury P., Venugopal P. D., Whalen J., Wiman N.G., Leskey T.C., Tooker J.F., 2014 – *Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae)*. - J. Integr. Pest Manag., 5(3): A1-A13.

Weber D.C., Morrison III W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A.L., Blaauw B.R., 2017 – *Chemical ecology of* Halyomorpha halys*: discoveries and applications*. - J. Pest Sci., 90: 989-1008.

112 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 113-118

ANDAMENTO DELLE POPOLAZIONI E DANNOSITÀ DI *HALYOMORPHA HALYS* SULLE COLTURE AGRARIE

DAVIDE SCACCINI [a] - LOGAN MOORE [a,b] - PAOLA TIRELLO [a] - DIEGO FORNASIERO [a]
MASSIMO CECCHETTO [a] - CARLO DUSO [a] - ALBERTO POZZEBON [a]

[a] *Università di Padova, Dipartimento Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, viale dell'Università 16, 35020, Legnaro (Padova), Italia;* e-mail: alberto.pozzebon@unipd.it
University of Georgia, Department of Crop and Soil Sciences, 120 Carlton Street, Athens, GA 30602, USA.
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Seasonal dynamics and damage of Halyomorpha halys *on crops*

Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), is an alien invasive species native from East Asia and pestiferous in North America, South America, and Europe. This polyphagous pest causes damage to many crops, in particular on fruit trees. It is a highly mobile species, especially adult stages that may utilize multiple host plants throughout the seasons showing a pronounced host-switching behavior in search of the most nutritious fruits. This paper briefly overviews the information available on the seasonal dynamics and damage of *H. halys* on crops, with a particular focus on crops of importance for Italy, where this pest is causing severe losses. A consistent hedge effect characterizes the spatio-temporal distribution of *H. halys* both the insect and the damage distributions within the field. The presence of *H. halys* is also associated with a preference for ripening fruits that influences the seasonal dynamics of *H. halys* populations. The damage potential of this species differs among crops and phenological stages of the host plant, resulting in fruit deformation, necrosis, discoloration, but also fruit drop and, in general, yield losses. Not least, the relationship between *H. halys* and the presence of some pathogens represents one of the major issues related to *H. halys* impact on crops.

KEY WORDS: *Halyomorpha halys*, damage, seasonal dynamics, host plant range.

INTRODUZIONE

La cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), è una specie invasiva nativa dell'Asia orientale, introdotta in USA, Europa e Sud America (HOEBEKE e CARTER, 2003; WERMELINGER *et al*., 2008; FAÚNDEZ e RIDER, 2017) e intercettata nei porti navali in Oceania (DUTHIE, 2012; VANDERVOET *et al*., 2019). Le prime segnalazioni di cimice asiatica in Europa risalgono al 2004; in Italia le prime infestazioni sono state osservate in Emilia Romagna, successivamente in Piemonte, Friuli-Venezia Giulia, Veneto, infine nelle regioni centro-meridionali (HAYE *et al*., 2014a; BARISELLI *et al*., 2016; MAISTRELLO *et al*., 2017; CIANFERONI *et al*., 2018). Questo insetto è estremamente polifago dato che sono note oltre 170 piante ospiti tra cui diverse colture frutticole, orticole, estensive e ornamentali (HAYE *et al*., 2014b; BERGMANN *et al*., 2016; LESKEY e NIELSEN, 2018). I danni alle colture sono associati soprattutto all'attività trofica che può avvenire a spese di diversi organi vegetali (LESKEY e NIELSEN, 2018). Le informazioni sull'impatto di *H. halys* sulle principali colture risultano limitate o difficilmente applicabili al contesto agrario italiano (LEE *et al*., 2013; MAISTRELLO *et al*., 2017; TEULON e XU, 2018). La valutazione della dannosità di *H. halys* necessita di approfondimenti sull'andamento delle popolazioni in relazione ai diversi stadi fenologici della pianta, ma anche sugli effetti che le punture di alimentazione determinano ai diversi organi vegetali potenzialmente interessati dall'attività dell'insetto, con particolare riferimento alle possibili ripercussioni sulla produzione. La piena comprensione di questi aspetti è necessaria alla valutazione dell'impatto di *H. halys* sulle diverse colture, aspetto chiave per la corretta pianificazione delle strategie di gestione.

ANDAMENTO DELLE POPOLAZIONI DI *HALYOMORPHA HALYS* NEL CONTESTO DELLE COLTURE AGRARIE

Halyomorpha halys sverna allo stadio di adulto in siti artificiali (edifici e altre strutture rurali) o naturali, in particolare entro fessure della corteccia al riparo dall'umidità (LEE *et al*., 2014; HANCOCK *et al*., 2019). Alla fine dell'inverno e nel corso della primavera, gli adulti fuoriescono scalarmente dai siti di svernamento

– Pubblicato marzo 2020

e colonizzano le piante su cui ha inizio l'attività trofica (Haye *et al*., 2014a; Bergh *et al*., 2017; Skillman *et al*., 2018). *Halyomorpha halys* è una specie contraddistinta da una elevata capacità di dispersione e, nel corso della stagione vegetativa, è in grado di sfruttare diverse piante ospiti spontanee e coltivate (e.g. Bergmann *et al*., 2016; Aigner *et al*., 2017; Maistrello *et al*., 2016; 2017). Studi di laboratorio hanno evidenziato come un adulto sia in grado di volare in media per 5 km al giorno, con picchi che arrivano a 117 km (Lee e Leskey, 2015). Gli stadi giovanili presentano anch'essi una spiccata mobilità riuscendo a spostarsi per centinaia di metri nell'arco di una giornata (Lee *et al*., 2014). Gli individui che si sviluppano in estate hanno una maggiore capacità di dispersione rispetto agli individui che hanno svernato (Wiman *et al*., 2015) e l'attività aumenta con la temperatura ambientale, in particolare a partire da valori minimi di 15°C (Lee e Leskey, 2015). Nel corso della stagione, l'andamento delle popolazioni di *H. halys* sulle diverse piante ospiti è influenzato dalla disponibilità di alimenti, in particolare dalla presenza di frutti soprattutto in fase di maturazione (Nielsen e Hamilton, 2009; Martinson *et al*., 2015; 2016; Blaauw *et al*., 2019). Su mais e frumento, le infestazioni si verificano durante dalla fase di maturazione lattea delle cariossidi, mentre su soia l'infestazione inizia con la fase di formazione del baccello e raggiunge i livelli più elevati con la fase di formazione del seme (Nielsen *et al*., 2011; Rice *et al*., 2014; Venugopal *et al*., 2015b).

Spesso, le popolazioni che colonizzano una coltura si sono sviluppate in altri ambienti da cui provengono in modo improvviso e imprevedibile dando origine a vere e proprie invasioni. Per questo, la presenza della cimice asiatica è influenzata dal contesto paesaggistico; in particolare, livelli elevati d'infestazione sono stati associati alla presenza di ambienti seminaturali come boschetti, siepi o aggregati di piante ornamentali in prossimità delle colture. In questi ambienti le popolazioni di *H. halys* possono svernare, alimentarsi e riprodursi nelle prime fasi della stagione per poi spostarsi sulle colture recettive (Rice *et al*., 2014; Aigner *et al*., 2017). La migrazione delle popolazioni di *H. halys* può interessare anche colture contigue e caratterizzate da epoche di maturazione ravvicinate (Venugopal *et al*., 2015a). La distribuzione della popolazione di *H. halys* all'interno degli appezzamenti è generalmente caratterizzata da uno spiccato "effetto bordo" riscontrabile anche nella distribuzione dei danni su colture frutticole e seminativi (e.g. Venugopal *et al*., 2014; 2015a,b; Basnet *et al*., 2015; Blaauw *et al*., 2016; Aigner *et al*., 2017). Per questi motivi si è pensato di contrastare l'aggressività del fitofago mediante l'esecuzione di trattamenti insetticidi indirizzati ai bordi degli appezzamenti (Blaauw *et al*., 2015).

Danni causati da *Halyomorpha halys* alle colture agrarie

I danni associati alle infestazioni di cimice asiatica sono dovuti in primo luogo all'attività alimentare dell'insetto. *Halyomorpha halys* si alimenta a carico di organi diversi della pianta e, pur prediligendo i frutti, ha una forte propensione per la dieta mista; l'epoca di maturazione dei frutti resta tuttavia un buon indicatore della presenza di questo fitofago (Martinson *et al*., 2015; Acebes-Doria *et al*., 2016a). Durante l'alimentazione, *H. halys* come altri Pentatomidi inietta nei tessuti vegetali enzimi digestivi prodotti dalle ghiandole salivari (Hori, 2000; Peiffer e Felton, 2014). I frutti colpiti possono manifestare abscissione anticipata o, se permangono sulla pianta, necrosi, suberificazioni, aree depresse, deformazioni, scolorimenti, presenza di tessuto spugnoso e calo di peso. La tipologia di danno e la sua gravità variano a seconda della specie coltivata e della fase fenologica in cui avviene l'attacco (e.g. Lee *et al*., 2013; Hedstrom *et al*., 2014; Lee, 2015; Acebes-Doria *et al*., 2016b; Bariselli *et al*., 2016; Rancati *et al*., 2017; Aghaee *et al*., 2018; Bosco *et al*., 2018; Leskey e Nielsen, 2018; Moore *et al*., 2019; Scaccini, 2019; Fig. 1-3). Sebbene sui fruttiferi i picchi dell'infestazione si concentrino nel periodo di maturazione dei frutti, la presenza del fitofago può essere osservata a basse densità anche in altre fasi fenologiche della pianta con potenziali ripercussioni sulla produzione (Nielsen e Hamilton 2009). In generale, le infestazioni precoci di cimice asiatica a carico dei fruttiferi possono causare cascola o deformazioni dei frutti, mentre le infestazioni tardive sono associate a suberificazioni e necrosi sui frutti. Su vite, i danni diretti sono causati da livelli d'infestazione difficilmente osservabili nei vigneti (Smith *et al*., 2014; Scaccini, 2019). Su nocciolo, i danni si manifestano con avvizzimenti e imbrunimenti del seme (Bosco *et al*., 2018). Su soia, si osservano anomalie nella maturazione delle piante e la riduzione del contenuto di carboidrati e grassi, ma anche una maggiore incidenza di avvizzimenti e necrosi dei semi (Owens *et al*., 2013; Bae *et al*., 2014; Rice *et al*., 2014). Su mais, riso e grano si osservano un aumento di cariossidi avvizzite, la riduzione del contenuto in amido e del peso delle cariossidi (Rice *et al*., 2014; Ciceoi *et al*., 2017; Lupi *et al*., 2017; Rancati *et al*., 2017; Aghaee *et al*., 2018).

Oltre ai danni diretti, vi è la possibilità che infestazioni di *H. halys* favoriscano lo sviluppo di infezioni batteriche o fungine sui frutti e la trasmissione di fitoplasmi (Leskey *et al*., 2012; Kamminga *et al*., 2014; Rice *et al*., 2014; Dobson *et al*., 2016; Paltrinieri *et al*., 2016; Bosco *et al*., 2018; Moore *et al*., 2019; Scaccini, 2019; Fig. 3b). Infine, su vite da vino, alte infestazioni di *H. halys* – adulti in particolare – sui grappoli possono

Fig. 1 – Danni su nettarine causati da *Halyomorpha halys* in seguito a una forte infestazione (Veneto, estate 2019).

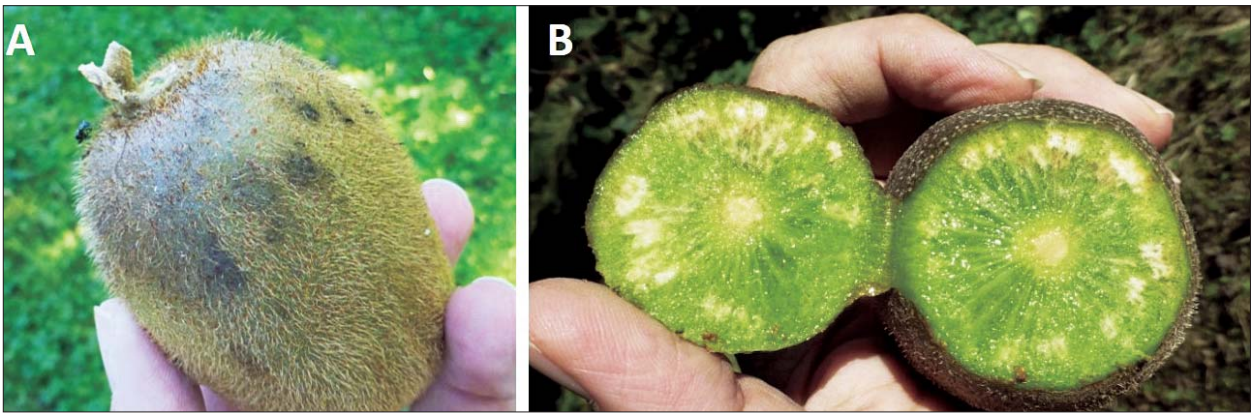


Fig. 2 – Danni esterni (A) e interni (B) su kiwi riscontrabili in caso di elevate infestazioni di *Halyomorpha halys* (Veneto, autunno 2017).

Fig. 3 – Danni di *Halyomorpha halys* su ciliegie: (A) danno esterno; (B) sintomi di *Monillinia* spp. su ciliegie precedentemente infestate (Veneto, estate 2017).

portare a uno scadimento qualitativo del prodotto finito, dovuto alla contaminazione di molecole liberate dalla cimice nelle fasi di pressatura (Mohekar *et al*., 2017a,b; Scaccini *et al*., 2019).

Conclusioni

L'elevata mobilità, la polifagia, l'assenza di efficaci fattori di controllo delle popolazioni associati a una rilevante dannosità fanno della cimice asiatica un fitofago invasivo di primo piano a livello mondiale. Le difficoltà nel prevedere l'andamento delle popolazioni di *H. halys*, che può variare a seconda degli ambienti e delle stagioni, rendono difficoltoso il controllo di questo fitofago. I danni causati da *H. halys* a carico delle colture possono essere raggruppati in danni diretti, legati all'attività alimentare, all'iniezione di saliva e alla conseguente risposta della pianta, e danni indiretti, che comprendono le infezioni batteriche,

fungine e, non ultime, quelle causate da fitoplasmi; a queste si aggiunge la potenziale alterazione delle qualità organolettiche dei prodotti, come nel caso del vino. Un altro aspetto da considerare è la diversa suscettibilità delle specie coltivate o delle loro varietà agli attacchi; su vite, i danni alla produzione sono da ricondurre a elevati livelli di infestazione contrariamente a quanto avviene su altre colture dove la dannosità si esprime anche a basse densità di popolazione.

BIBLIOGRAFIA

Acebes-Doria A.L., Leskey T.C., Bergh J.C., 2016a – *Host plant effects on* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) nymphal development and survivorship*. - Environ. Entomol., 45: 663-670.

Acebes-Doria A.L., Leskey T.C., Bergh J.C., 2016b – *Injury to apples and peaches at harvest from feeding by* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) nymphs early and late in the season*. - Crop Prot., 89: 58-65.

Aghaee M.-A., Lee Rice S., Milnes J.M., Goding K.M., Godfrey L.D., 2018. – *Is* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) a threat to California rice?* - Crop Prot., 111: 1-5.

Aigner B.L., Kuhar T.P., Herbert D.A., Brewster C.C., Hogue J.W., Aigner J.D., 2017 – *Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) infestations in tree borders and subsequent patterns of abundance in soybean fields*. - J. Econ. Entomol., 110(2): 487-490.

Bae S.D., Kim H.J., Mainali B.P., 2014 – *Changes in nutritional composition of soybean seed caused by feeding of pentatomid (Hemiptera: Pentatomidae) and alydid bugs (Hemiptera: Alydidae)*. - J. Econ. Entomol., 107(3): 1055-1060.

Bariselli M., Bugiani R., Maistrello L., 2016 – *Distribution and damage caused by* Halyomorpha halys *in Italy*. - Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 46: 332-334.

Basnet S., Kuhar T.P., Laub C.A., Pfeiffer D.G., 2015 – *Seasonality and distribution pattern of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Virginia vineyards*. - J. Econ. Entomol., 108(4): 1902-1909.

Bergh J.C., Morrison III W.R., Joseph S.V., Leskey T.C., 2017 – *Characterizing spring emergence of adult* Halyomorpha halys *using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps*. - Entomol. Exp. Appl., 162(3): 336-345.

Bergmann E.J., Venugopal P.D., Martinson H.M., Raupp M.J., Shrewsbury P.M., 2016 – *Host plant use by the invasive* Halyomorpha halys *(Stål) on woody ornamental trees and shrubs*. - PLoS One, 11(2): e0149975. doi:10.1371/journal.pone.0149975.

Blaauw B.R., Polk D., Nielsen A.L., 2015 – *IPM-CPR for peaches: incorporating behaviorally-based methods to manage* Halyomorpha halys *and key pests in peach*. - Pest Manag. Sci., 71: 1513-1522.

Blaauw B.R., Jones V.P., Nielsen A.L., 2016 – *Utilizing immunomarking techniques to track* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) movement and distribution within a peach orchard*. - PeerJ, 4: e1997. doi:10.7717/peerj.1997.

Blaauw B.R., Hamilton G., Rodriguez-Saona C., Nielsen A.L., 2019 – *Plant stimuli and their impact on brown marmorated stink bug dispersal and host selection*. - Front. Ecol. Evol., 7: 414.doi:10.3389/fevo.2019.00414.

Bosco L., Moraglio S.T., Tavella L., 2018 – Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas*. - J. Pest Sci., 91(2): 661-670.

Cianferoni F., Graziani F., Dioli P., Ceccolini F., 2018 – *Review of the occurrence of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Italy, with an update of its European and World distribution*. - Biologia, 73: 599-607.

Ciceoi R., Dumbrava M., Jerca I.O., Pomohaci C.M., Dobrin I., 2017 – *Assessment of the damages on maize crop by the invasive stink bugs* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) and* Nezara viridula *(Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae)*. - Acta Zool. Bulgar., Suppl. 9: 211-217.

Dobson R.C., Rogers M., Moore J.L.C., Bessin R.T., 2016 – *Exclusion of the brown marmorated stink bug from organically grown peppers using barrier screens*. - HortTechnology, 26: 191-198.

Duthie C., 2012 – *Risk analysis of* Halyomorpha halys *(brown marmorated stink bug) on all pathways*. Ministry for Primary Industries Technical Advice, 51 pp.

Faúndez E.I., Rider D.A., 2017 – *The brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile*. - Arquivos Entomolóxicos, 17: 305-307.

Hancock T.J., Lee D.-H., Bergh J.C., Morrison W.R., Leskey T.C., 2019 – *Presence of the invasive brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) on home exteriors during the autumn dispersal period: results generated by citizen scientists*. - Agr. For. Entomol., 21: 99-108.

Haye T., Abdallah S., Gariepy T., Wyniger D., 2014a – *Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in Europe*. - J. Pest Sci., 87(3): 407-418.

Haye T., Wyniger D., Gariepy T., 2014b – *Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe*. In: Proceedings of the eighth international conference on Urban Pests, Müller G., Pospischil R. & Robinson W.H. Ed., Zurich, July 20-23, 2014: 309-314.

Hedstrom C.S., Shearer P.W., Miller J.C., Walton V.M., 2014 – *The effects of kernel feeding on* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) on commercial hazelnuts*. - J. Econ. Entomol., 107(5): 1858-1865.

Hoebeke E.R., Carter M.E., 2003 – Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America*. - Proceedings of the Entomological Society of Washington, 105(1): 225-237.

Hori K., 2000 – *Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera*. In: Heteroptera of economic importance, Schaefer C.W. & Panizzi A.R., Ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 11-35.

Kamminga K., Herbert D.A., Toews M.D., Malone S., Kuhar T., 2014 – Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) feeding injury on cotton bolls*. - Journal of Cotton Science, 18: 68-74.

Lee D.-H., 2015 – *Current status of research progress on the biology and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) as an invasive species*. - Appl. Entomol. Zool., 50: 277-290.

Lee D.-H., Leskey T.C., 2015 – *Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - B. Entomol. Res., 105: 566-573.

Lee D.-H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C., 2013 – *Review of the biology, ecology, and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea*. - Environ. Entomol., 42: 627-641.

Lee D.-H., Nielsen A.L., Leskey T.C., 2014 – *Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions*. - J. Insect. Behav., 27: 639-651.

Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – *Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.

Leskey T.C., Hamilton G.C., Nielsen A.L., Polk D.F., Rodriguez-Saona C., Bergh J.C., Herbert D.A., Kuhar T.P., Pfeiffer D., Dively G.P., Hooks C.R.R., Raupp M.J., Shrewsbury P.M., Krawczyk G., Shearer P.W., Whalen J., Koplinka-Loehr C., Myers E., Inkley D., Hoelmer K.A., Lee D.-H., Wright S.E., 2012 – *Pest status of the brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *in the USA*. - Outlooks on Pest Management, 23(5): 218-226.

Lupi D., Dioli P., Limonta L., 2017 – *First evidence of* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera Heteroptera, Pentatomidae) feeding on rice (*Oryza sativa *L.)*. - Journal of Entomological and Acarological Research, 49(6679): 67-71.

Maistrello L., Costi E., Caruso S., Vaccari G., Bortolotti P., Nannini R., Casoli L., Montermini A., Bariselli M., Guidetti R., 2016 – Halyomorpha halys *in Italy: first results of field monitoring in fruit orchards*. - IOBC-WPRS Bulletin, 112: 1-5.

Maistrello L., Vaccari G., Caruso S., Costi E., Bortolini S., Macavei L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini R., Casoli R., Fornaciari M., Mazzoli G.L., Dioli P., 2017 – *Monitoring of the invasive* Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy*. - J. Pest Sci., 90(4): 1231-1244.

Martinson H.M., Venugopal P.D., Bergmann E.J., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2015 – *Fruit availability influences the seasonal abundance of invasive stink bugs in ornamental tree nurseries*. - J. Pest Sci., 88(3): 461-468.

Martinson H.M., Bergmann E.J., Venugopal P.D., Riley C.B., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2016 – *Invasive stink bug favors naïve plants: testing the role of plant geographic origin in diverse, managed environments*. - Sci. Rep., 6: 32646. doi:10.1038/srep32646.

Mohekar P., Lapis T.J., Wiman N.G., Lim J., Tomasino E., 2017a – *Brown marmorated stink bug taint in Pinot noir: detection and consumer rejection thresholds of trans-2-Decenal*. - Am. J. Enol. Viticult., 68: 120-126.

Mohekar P., Osborne J., Wiman N.G., Walton W., Tomasino E., 2017b – *Influence of winemaking processing steps on the amounts of (E) 2-Decenal and Tridecane as off-odorants caused by brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*)*. - J. Agr. Food Chem., 65: 872-878.

Moore L.C., Tirello P., Scaccini D., Toews M.D., Duso C., Pozzebon A., 2019 – *Characterizing damage potential of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in cherry orchards*. - Entomol. Gen., 39(3-4): 271-283.

Nielsen A.L., Hamilton G.C., 2009 – *Life history of the invasive species* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 102(4): 608-616.

Nielsen A.L., Hamilton G.C., Shearer P.W., 2011 – *Seasonal phenology and monitoring of the non-native* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in soybean*. - Environ. Entomol., 40(2): 231-238.

Owens D.R., Herbert Jr. D.A., Dively G.P., Reisig D.D., Kuhar T.P., 2013 – *Does feeding by* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) reduce soybean quality and yield?* - J. Econ. Entomol., 106(3): 1317-1323.

Paltrinieri S., Marani G., Francati S., Dindo M.L., Bertaccini A., 2016 – *Cimice asiatica confermata come insetto vettore di fitoplasmi*. - L'Informatore Agrario, 45: 60-61.

Peiffer M., Felton G.W., 2014 – *Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - PLoS One, 9: e88483. doi:10.1371/journal.pone.0088483.

Rancati M., Pansa M.G., Ghiglione M., Tavella L., 2017 – *Danni da cimice asiatica su mais di secondo raccolto*. - L'Informatore Agrario, 14: 66-68.

Rice K.B., Bergh C.J., Bergmann E.J., Biddinger D.J., Dieckhoff C., Dively G., Fraser H., Gariepy T., Hamilton G., Haye T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks C.R., Jones A., Krawczyk G., Kuhar T., Martinson H., Mitchell W., Nielsen A.L., Pfeiffer D.G., Raupp M.J., Rodriguez-Saona C., Shearer P., Shrewsbury P., Venugopal P.D., Whalen J., Wiman N.G., Leskey T.C., Tooker J.F., 2014 – *Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae)*. - J. Integr. Pest Manag., 5(3): 1-13.

Scaccini D., 2019 – *Seasonal population dynamics, thermal tolerance, and damage assessment of the invasive pest brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys. Tesi di Dottorato di Ricerca in Crop Science, Università di Padova, 148 pp.

Scaccini D., Vincenzi S., Sala L., Duso C., Pozzebon A., 2019 – *Brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Stål) effects on the quality of Prosecco wine*. - Programma del IOBC-WPRS – Integrated Protection in Viticulture, Vila Real, Portogallo, 5-8 Novembre 2019: poster.

Skillman V.P., Wiman N.G., Lee J.C., 2018 – *Nutrient declines in overwintering* Halyomorpha halys *populations.* - Entomol. Exp. Appl., 166(9): 778-789.

Smith J.R., Hesler S.R., Loeb G.M., 2014 – *Potential impact of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) on grape production in the Finger Lakes Region of New York*. - J. Entomol. Sci., 49: 290-303.

Teulon D.A.J., Xu B., 2018 – *Biosecurity risks from stink bugs to New Zealand kiwifruit identified in Chinese language literature*. - N. Z. Plant Protect.-S.E., 71: 140-150.

Vandervoet T.F., Bellamy D.E., Anderson D., MacLellan R., 2019 – *Trapping for early detection of the brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys*, in New Zealand*. - N. Z. Plant Protect.-S.E., 72: 36-43.

Venugopal P.D., Coffey P.L., Dively G.P., Lamp W.O., 2014 – *Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges*. - PLoS One, 9(10): e109917. doi:10.1371/journal.pone.0109917.

Venugopal P.D., Dively G.P., Lamp W.O., 2015a – *Spatiotemporal dynamics of the invasive* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in and between adjacent corn and soybean fields*. - J. Econ. Entomol., 108(5): 2231-2241.

Venugopal P.D., Martinson H.M., Bergmann E.J., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2015b – *Edge effects*

influence the abundance of the invasive Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in woody plant nurseries*. - Environ. Entomol., 44: 474-479.

Wermelinger B., Wyniger D., Forster B., 2008 – *First records of an invasive bug in Europe:* Halyomorpha halys *Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees*. - Mit. Sch. Entomol. Ges., 81: 1-8.

Wiman N.G., Walton V.M., Shearer P.W., Rondon S.I., Lee J.C., 2015 – *Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae).* - J. Pest Sci., 88(1): 37-47.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 119-123

STRUMENTI PER MONITORAGGIO E CONTROLLO DI *HALYOMORPHA HALYS* BASATI SU SEMIOCHIMICI E VIBRAZIONI, ED ESPERIENZE DI "CITIZEN SCIENCE"

GIANFRANCO ANFORA [a, b] * - CLAUDIO IORIATTI [c] - VALERIO MAZZONI [b]

[a] *Centro Agricoltura Alimenti Ambiente (C3A), Università di Trento, via F. Mach 1, 38010, San Michele all'Adige (TN);*
* e-mail: gianfranco.anfora@unitn.it
[b] *Centro Ricerche e Innovazione, Fondazione Edmund Mach (FEM), via F. Mach 1, 38010, San Michele all'Adige (TN)*
[c] *Centro Trasferimento Tecnologico, Fondazione Edmund Mach, via F. Mach 1, 38010, San Michele all'Adige (TN)*
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Use of semiochemicals and vibrational signals in monitoring and control of Halyomorpha halys*, and experiences of citizen science*

During 2016 the first individuals of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, were found also in the Province of Trento and in the three-year period 2017-2019 the species continued its expansion on the territory, settling also in the main apple growing area of Val di Non, with populations that in 2019 inflicted the first significant damage. Therefore, in order to face this threat, an operational group was created to coordinate the activities of all technicians, researchers and producers involved in this issue in the Province of Trento. In addition to traditional information and monitoring activities, the staff of the Mach Foundation (FEM/C3A) has developed an application for smartphones, BugMap, which has made it possible, on the one hand, to automate the collection and validation of sampling data from technicians and, on the other, to develop a "citizen science" program in which reports made by volunteer citizens are taken into account. With regard to control methods, in addition to insecticides, which have shown only partial effectiveness, a number of alternative methods are being evaluated. In fact, research is underway to implement pheromone traps already on the market with vibrational signals and/or different architectures able to improve capture efficiency.

KEY WORDS: brown marmorated stink bug, monitoring, multimodal trap, citizen science.

INTRODUZIONE

In Trentino, la cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera Pentatomidae), è stata segnalata per la prima volta nel 2016 nei dintorni di Trento trasportata all'interno di un camper noleggiato in Veneto. Nel triennio 2017-2019 la specie ha continuato la sua espansione sul territorio insediandosi anche nella principale area melicola della Val di Non, con popolazioni che nel 2019 hanno inferto i primi danni rilevanti (MALEK *et al.*, 2018; MALEK *et al.*, 2019). Per far fronte quindi a questa minaccia è stato creato un gruppo operativo per il coordinamento delle attività di tutti i tecnici, ricercatori e produttori coinvolti su questo tema in Provincia di Trento. Oltre alle attività informative e di monitoraggio tradizionale, il personale della Fondazione Mach (FEM/C3A) ha messo a punto una applicazione per smartphone, BugMap, che ha permesso da un lato di automatizzare la raccolta e validazione dei dati di campionamento dei tecnici e dall'altro di sviluppare un programma di "citizen science" in cui si tiene conto delle segnalazioni effettuate da cittadini volontari. Per quanto riguarda la difesa, oltre ai mezzi chimici, che hanno mostrato una efficacia solo parziale, sono in fase di valutazione una serie di metodi alternativi. Sono infatti in corso ricerche volte ad implementare le trappole a feromoni già sul mercato con segnali vibrazionali e/o diverse architetture in grado di migliorare l'efficacia di cattura.

MONITORAGGIO DELLA CIMICE ASIATICA

Nei primi anni di insediamento, il monitoraggio, ossia la ricerca dei luoghi in cui è presente la cimice asiatica, è di importanza fondamentale per conoscere le aree di nuova colonizzazione, mentre negli anni successivi, la stessa operazione è indispensabile per valutare la dinamica di sviluppo della popolazione in funzione delle condizioni climatiche diverse di ogni annata. Il monitoraggio può essere riferito a due ambiti:

1. Monitoraggio "territoriale" in senso lato, con il quale ci si prefigge l'obiettivo di rilevare lo sviluppo della cimice asiatica fin dalla sua uscita dai siti di svernamento ed in particolare su quelle piante ospiti spontanee o siepi sulle quali sono presenti i frutti su cui inizia a nutrirsi.
2. Monitoraggio di "campagna", che ha lo scopo di verificare il momento di entrata del fitofago nel frutteto, per poter impostare la difesa fitosanitaria.

– Pubblicato marzo 2020

Metodi di monitoraggio

Gli strumenti principali di monitoraggio della cimice sono tre: trappole commerciali innescate con feromone di aggregazione, *frappage* (quando è possibile) e controlli visuali. I primi due sono adatti alle aree esterne ai frutteti e forniscono indicazioni sulla dinamica di popolazione nelle prime fasi di sviluppo (principalmente su siepi e piante di bordo). Nei frutteti e nei campi coltivati, il controllo visuale è il metodo di monitoraggio più indicato. Normalmente i primi siti da monitorare a livello territoriale sono le aree di bordo delle superfici a frutteto, la vegetazione spontanea lungo i corsi d'acqua e le scoline, le siepi, le fasce boscate, ed altre eventuali colture ospiti come orticole e seminativi.

Coinvolgere i cittadini nel monitoraggio della cimice asiatica

La *citizen science* o "scienza dei cittadini" permette di creare progetti di scienza partecipativa, dove grazie all'ausilio di strumenti tecnologici, quali gli smartphone ed applicazioni appositamente sviluppate, cittadini e ricercatori possono lavorare insieme per il raggiungimento di uno scopo. Il supporto dei cittadini, istruiti e supportati dai ricercatori, permette di massimizzare la mole di dati raccolti e consente di monitorare estese aree geografiche in un breve lasso temporale. Le iniziative di citizen science esistono per costruire collaborazione, comunità e credibilità e richiedono dedizione, non solo dai non scienziati, ma anche dagli organizzatori, educatori, tecnici e ricercatori. Un'iniziativa può coinvolgere migliaia di persone che collaborano verso un obiettivo comune. Il coinvolgimento del pubblico può includere la raccolta di dati, la segnalazione della presenza di specie animali e vegetali oppure l'osservazione di fenomeni ambientali. I cittadini hanno anche la possibilità di condividere reciprocamente le loro scoperte e discutere i risultati su piattaforme digitali. Nel mondo esistono numerosissimi progetti, come ad esempio *Anecdata, Artportalen, CrowdWater* ed *iNaturalist* e anche se c'è una significativa eterogeneità tra i diversi progetti, essi sono in gran parte caratterizzati da due importanti caratteristiche: la partecipazione è libera e i risultati intermedi vengono resi disponibili pubblicamente. Le opportunità di partecipare e diventare un "citizen scientist" sono illimitate. La quantità di dati che si può ottenere con la partecipazione pubblica può permettere di superare significativamente la capacità di lavoro dei singoli ricercatori.

A questo proposito, oltre alle attività informative e di monitoraggio tradizionale, il personale FEM/C3A ha messo a punto una applicazione chiamata BugMap. Si tratta di una app per smartphone e iPhone che permette in primo luogo di effettuare segnalazioni in tempo reale, da parte di cittadini e agricoltori, ai tecnici e ricercatori che la gestiscono. BugMap è parte appunto di un programma di citizen science che ha tra i suoi scopi lo studio della diffusione dettagliata della cimice asiatica sul territorio provinciale. Tale iniziativa affianca ed integra azioni analoghe che sono state intraprese in Italia (Maistrello *et al.*, 2016; Maistrello *et al.*, 2018). Accedendo a BugMap è possibile fornire preziose informazioni agli addetti ai lavori, grazie alle quali è possibile, tra le altre cose, realizzare mappe di diffusione, di rischio e modelli previsionali con cui supportare la gestione della cimice (Malek *et al.*, 2018; Malek *et al.*, 2019). BugMap fornisce una mappa di presenza aggiornata in tempo reale e un'identificazione immediata della cimice asiatica, permettendo la sua discriminazione da altre specie autoctone. BugMap ha quindi consentito di potenziare enormemente le azioni di monitoraggio favorendo l'intervento tempestivo laddove si siano verificati episodi di danno alle colture. In particolare, il contatto tra esperti e cittadini ha permesso in molti casi di evitare equivoci, quali lo scambio di identità con specie inoffensive o utili, e quindi di prendere decisioni sbagliate, soprattutto in campo agrario e ambiente domestico. L'esperienza ottenuta con questo tipo di approccio potrà essere utile in caso di invasione o rischio di invasione da parte di altre specie esotiche e potrà essere utilizzata anche per il monitoraggio di specie rare e di alto valore ecologico. L'applicazione è espandibile ad altri organismi ed infatti l'ultima versione permette di segnalare anche la presenza di zanzare tigre invasive, *Aedes albopictus* (Skuse) e *Aedes koreicus* (Edwards).

L'esempio di BugMap dimostra l'efficacia della citizen science per poter effettuare un monitoraggio su ampia scala spaziale. Il regolamento europeo sulle specie aliene EU 1143/2014 fa esplicito riferimento all'importanza del coinvolgimento dei cittadini, al fine di aumentarne la consapevolezza nei confronti dei problemi legati alle introduzioni accidentali e di come tale coinvolgimento possa influenzare le politiche di gestione del territorio, contribuendo all'efficace gestione di queste specie.

I dati raccolti nel triennio 2017-2019 evidenziano una crescente espansione nella distribuzione della cimice asiatica nella Provincia di Trento. Le heat maps o mappe di calore in Fig. 1 permettono di individuare le aree con maggiore concentrazione di segnalazioni e visualizzare l'espansione in corso. Se inizialmente il maggior numero di segnalazioni si era concentrato nei comuni di Trento ed Aldeno, dal 2017 ad oggi i dati raccolti confermano quanto osservato anche nei monitoraggi tradizionali, ovvero il veloce aumento in diverse aree (bassa Val di Non, Piana Rotaliana e Vallagarina) ed una più lenta ma costante espansione in altre (Valsugana ed Alto Garda). La maggior parte

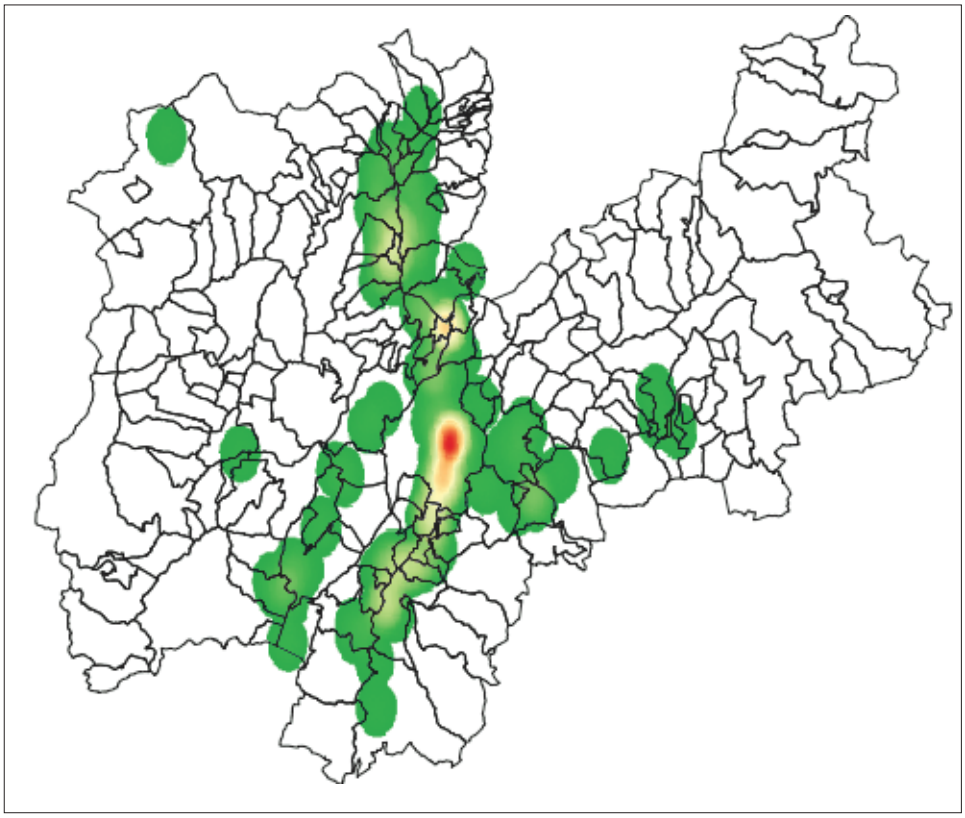


Fig. 1: Diffusione e densità di popolazione della cimice asiatica in Provincia di Trento nel 2019.

delle segnalazioni ricevute sono relative ad osservazioni effettuate all'esterno (30%) ed all'interno (28%) di edifici, evidenziando che al momento attuale l'utilizzo prevalente di BugMap è associato alle abitazioni, dove appunto le cimici si radunano nel periodo di svernamento. Il 20% delle segnalazioni è relativo alle colture agrarie, prevalentemente meleti (63%), seguiti da altri frutteti (13%) e vigneti (10%). I dati ottenuti con BugMap sono stati inoltre spazializzati e correlati con variabili ambientali e ciò sta permettendo con sempre maggior precisione di modellizzare la potenziale diffusione nei nostri territori fino alle aree montane ed individuare le aree ed i fattori di rischio rispetto alle pratiche agricole. Futuri utilizzi di BugMap potranno prevedere il coinvolgimento mirato di operatori agricoli appositamente formati che aiutino i tecnici FEM a monitorare in tempo reale l'ingresso della cimice nei frutteti e quindi ottimizzare tempi e le aree in cui è necessario applicare i metodi di controllo.

Trappole multistimolo: il binomio feromoni e vibrazioni

Come citato precedentemente, il monitoraggio di un insetto dannoso è un elemento chiave nella gestione integrata di una coltura nei confronti di ogni avversità. Avere un'idea chiara e in tempo reale della fenologia e della distribuzione spaziale di una specie è cosa da cui non si può prescindere se si vuole adottare una strategia efficace. Le domande basilari a cui un agricoltore deve rispondere sono: se, quando e come trattare. Nel caso della cimice asiatica queste informazioni sono particolarmente importanti a causa del complesso ciclo biologico e della sua peculiare ecologia. Esistono diverse tecniche di monitoraggio della cimice asiatica, ma senz'altro l'uso di trappole è quella più diffusa, più semplice da attuare e che richiede meno tempo rispetto ai metodi di raccolta diretta come ad esempio la battitura o "frappage". Lo stimolo attrattivo comunemente usato per la cattura della cimice asiatica è una miscela di due sostanze: l'epoxy-bisabolen-olo, feromone di aggregazione prodotto dai maschi della cimice asiatica, ed il methyl- (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate (o MDT) che di fatto è il feromone di un'altra cimice, la *Plautia stali* (Weber *et al*., 2017). Questo blend ha una notevole capacità attrattiva nei confronti di tutti gli individui, maschi, femmine e giovani, i quali si aggregano sulla vegetazione intorno alla trappola. Il problema è che il rapporto tra numero di esemplari attirati e catturati è molto basso, stimato tra il 5-10%. Tale efficacia è legata alla natura ed alla funzione stessa del feromone di aggregazione. È noto però che nei Pentatomidi in generale ed anche per la cimice asiatica la comunicazione sessuale a breve distanza non è mediata da feromoni bensì da vibrazioni (Polajnar *et al*., 2016). Maschi e femmine comunicano attraverso segnali vibrazionali via substrato a bassa frequenza e nella fattispecie il segnale del maschio della cimice

asiatica con i suoi 40 Hz è il segnale a più bassa frequenza tra quelli noti nei Pentatomidi. Durante la sequenza di accoppiamento la femmina chiama, il maschio risponde ed i due iniziano a duettare. Dopodiché, mentre la femmina continua a chiamare, il maschio si muove alla sua ricerca seguendone la traccia vibrazionale. Infine i due si accoppiano. È stato quindi dimostrato che il segnale femminile è un potente attrattivo verso i maschi, non differente per ruolo e potenza dai feromoni sessuali dei Lepidotteri (Mazzoni *et al*., 2017). Da questa evidenza è nata l'idea di studiare lo sviluppo di trappole a doppio stimolo che siano in grado di integrare l'azione a lungo raggio del feromone di aggregazione con il segnale vibrazionale sessuale attrattivo a corto raggio per i maschi e che siano quindi capaci di catturare un maggior numero di maschi rispetto alle trappole attualmente in commercio. Grazie ad un lavoro multidisciplinare, si è arrivati alla realizzazione di vari prototipi di trappole che in prove di campo in Trentino e in Emilia hanno evidenziato un aumento di catture (dei maschi) nell'ordine di 2-5 volte rispetto alle trappole commerciali di confronto (Fig. 2). Durante il 2020 sono previste ulteriori sperimentazioni volte ad ottimizzare l'architettura della nuova trappola, garantendo che il segnale vibrazionale trasmesso conservi i tratti distintivi della specie e che copra uno spazio attivo il più ampio possibile. L'altro punto importante è la disponibilità di una sorgente elettrica. Le trappole finora realizzate per poter produrre le vibrazioni sono alimentate a energia solare. Il pannello solare però è pesante e ingombrante e pertanto sono in fase di studio soluzioni tecnologiche diverse, ad esempio attraverso l'uso di minipannelli direttamente posizionati sulla trappola. Il modello che per il momento sembra dare maggiori risultati è una trappola di grandi dimensioni, montata su piramide, alta circa 1,5 m e con una capacità di due litri.

Altri modelli di trappole sono allo studio per valorizzare

Fig. 2 – Prototipi di trappole multistimolo: (a) trappola a piramide con sistema di uccisione elettrico, (b) trappola a piramide con sistema di cattura a imbuto, (c) trappola a caduta, (d) trappola da appendere con sistema di cattura a imbuto.

il flusso di feromone, per migliorare il sistema di cattura e per facilitare la manualità delle operazioni di scarico degli insetti catturati considerando anche la fase di aggregazione che precede la diapausa invernale (Suckling *et al.*, 2019a).

Trappole di cattura massale

Non esistono ad oggi vere e proprie trappole per la cattura massale. Diverse esperienze sono in corso soprattutto per sviluppare il metodo di attrazione. I feromoni di aggregazione attualmente disponibili e impiegati nelle trappole finora sperimentate hanno un raggio di attività limitato a circa 10 metri. Sono in corso delle esperienze finalizzate allo sviluppo di strumenti da utilizzarsi in strategie di controllo di cattura massale (Suckling *et al.*, 2019b) e attract-and-kill: queste ultime sono trappole che combinano l'attrattività del feromone e l'effetto letale di una rete insetticida che porta a morte le cimici che si posano su di essa.

BIBLIOGRAFIA

Maistrello L., Dioli P., Bariselli M., Mazzoli G.L., Giacalone-Forini I., 2016 – *Citizen science and early detection of invasive species: phenology of first occurrences of* Halyomorpha halys *in Southern Europe*. - Biol. Inv., 18: 3109-3116.

Maistrello L., Dioli P., Dutto M., Volani S., Pasquali S., Gilioli G., 2018 – *Tracking the spread of sneaking aliens by integrating crowdsourcing and spatial modeling: the Italian invasion of* Halyomorpha halys. - BioSci., 68: 979-989.

Malek R., Zapponi L., Eriksson A., Ciolli M., Mazzoni V., Anfora G., Tattoni C., 2019 – *Monitoring 2.0: Update on the* Halyomorpha halys *Invasion of Trentino*. - ISPRS Int. J. Geo-Inf., 8: 564.

Malek R., Tattoni C., Ciolli M., Corradini S., Andreis D., Ibrahim A., Mazzoni V., Eriksson A., Anfora G., 2018 – *Coupling traditional monitoring and citizen science to disentangle the invasion of* Halyomorpha halys. - ISPRS Int. J. Geo-Inf., 7: 171.

Mazzoni V., Polajnar J., Baldini M., Rossi Stacconi M.V., Anfora G., Guidetti R., Maistrello L., 2017 – *Use of substrate-borne vibrational signals to attract the Brown Marmorated Stink Bug,* Halyomorpha halys. - J. Pest Sci., 90: 1219-1229.

Polajnar J, Maistrello L, Bertarella A, Mazzoni V, 2016 – *Vibrational communication of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*)*. - Physiol. Entomol., 41: 249-259.

Suckling D.M., Levy M.C., Roselli G., Mazzoni V., Ioriatti C., Deromedi M., Cristofaro M., Anfora G., 2019a – *Live traps for adult brown marmorated stink bugs*. - Insects, 10: 376.

Suckling D.M., Mazzoni V., Roselli G., Levy M.C., Ioriatti C., Stringer L.D., Zeni V., Deromedi M., Anfora G., 2019b – *Trapping brown marmorated stink bugs: "the nazgûl" lure and kill nets*. - Insects, 10: 433.

Weber D.C., Morrison W.R., Khrimian A., Rice K.B., Leskey T.C., Rodriguez-Saona C., Nielsen A.L., Blaauw B.R., 2017 – *Chemical ecology of* Halyomorpha halys*: discoveries and applications*. - J. Pest Sci., 90: 989-1008.

124 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 125-130

RISPOSTE DIFENSIVE DELLE PIANTE A *HALYOMORPHA HALYS*

ERIC CONTI [a,b] - VALERIA BERTOLDI [a,b] - JACQUES BRODEUR [b] - GABRIELE RONDONI [a,b]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia;* e-mail: eric.conti@unipg.it
[b] *Département de Sciences Biologiques, Institut de Recherche en Biologie Végétale, Université de Montréal, Montréal, QC, Canada*
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Plant's defensive responses to Halyomorpha halys

The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*, native from eastern Asia, is established in several European and American ecosystems, where it attacks many plant species and causes severe crop losses. Here we report of recent investigations aiming to evaluate plant defence responses against *H. halys* and, in the meantime, egg parasitoid ability in exploiting host-associated cues when searching for this highly invasive pest.

When attacked by herbivorous insects that oviposit (and feed) on them, plants may respond by direct defences against the herbivore (e.g., affecting egg survival or the development of future brood through induction of toxic or anti-digestive molecules) and by indirect defences (e.g., attracting egg parasitoids of the herbivore via induction of plant volatiles).

Direct plant defences were investigated using biological and molecular methods. *Halyomorpha halys* nymphs that developed on oviposition experienced *Vicia faba* plants weighed significantly less and were smaller compared to those that developed either on control plants or on plants solely subjected to *H. halys* feeding. In addition, when oviposition experienced plants were attacked by nymphs, higher and more rapid expression of two jasmonic acid dependent genes was detected compared to control plants. Our results suggest that *V. faba* plants recognize eggs deposited by *H. halys* as a warning signal and pre-activate defence genes against future nymphal herbivory.

Indirect plant defences were investigated through behavioural assays of egg parasitoid responses to *H. halys* induced plant volatiles. Egg parasitoid reactions to volatiles from stink bug adults and eggs were also evaluated. Once an accidentally introduced pest establishes in the invaded area, native natural enemies may adapt to the new host. A decade after the accidental introduction of *H. halys* in Europe, the generalist egg parasitoids *Anastatus bifasciatus* and *Ooencyrtus telenomicida* have been recorded from this invasive agricultural pest in the field. Both parasitoids positively responded to *H. halys* male volatiles and to *H. halys* induced plant volatiles, indicating ability to exploit cues associated with the new host for egg location, whereas non-associated *Trissolcus basalis* only reacted to female volatiles.

The most effective egg parasitoid of *H. halys* in its native area is *Trissolcus japonicus*. Recently, adventive populations of this major biocontrol agent have been detected in North America and Europe. Behavioural assays have been conducted in Canada to evaluate the responses of naïve *T. japonicus* females to volatiles associated with its coevolved host, *H. halys*, and to the non-target host *Podisus maculiventris*. Tomato plants subjected to oviposition and feeding by *H. halys* were preferred by the wasp females compared to clean plants, suggesting a possible activation of an indirect defence mechanism. Furthermore, the parasitoid was attracted by cues from gravid females and mature males of *H. halys* but not from eggs. By contrast, naïve females of *T. japonicus* never responded to cues associated with the non-target *P. maculiventris*, although this species is suitable for complete parasitoid development.

Egg parasitoids, especially *T. japonicus*, show interesting potential as candidate agents for biological control of *H. halys* in the areas where this highly invasive crop pest is established.

KEY WORDS: biological control; egg parasitoid; herbivore-induced plant defence; invasive species; new association.

INTRODUZIONE

Le piante hanno sviluppato elaborate strategie difensive, essenziali per far fronte al gran numero di insetti fitofagi che si alimentano delle parti vegetative e riproduttive. Nei sistemi coevoluti le piante sono quindi in grado di riconoscere il fitofago e rispondere attivando le loro difese (HEIL, 2014), mentre nei sistemi non coevoluti, ad esempio in presenza di una specie esotica, le risposte delle piante sono meno prevedibili (WOODARD *et al.,* 2012, DESURMONT *et al.,* 2014). Il riconoscimento dell'attacco da parte del fitofago può avvenire precocemente, al momento dell'ovideposizione, oppure quando l'attività trofica di forme giovanili o adulti è in atto. Inoltre l'ovideposizione da parte del fitofago può essere utilizzata dalla pianta come messaggio di avvertimento, che le permette di rispondere tempestivamente attirando i nemici naturali del fitofago stesso (VET e DICKE, 1992, HILKER e MEINERS, 2008, COLAZZA *et al.,* 2010, CONTI e COLAZZA, 2012), oppure di prepararsi e attivare le sue difese più velocemente ed efficacemente (ad esempio tramite un meccanismo di *priming*), non appena le forme giovanili neosgusciate iniziano ad alimentarsi (BEYAERT *et al.,* 2012, GEISELHARDT *et al.,* 2013, PASHALIDOU *et al.,* 2013, BANDOLY *et al.,* 2015, AUSTEL *et al.,* 2016).

– Pubblicato marzo 2020

Pertanto, le difese delle piante possono essere rivolte direttamente contro il fitofago, uccidendolo o compromettendo lo sviluppo di uova, larve o adulti, o possono colpire il fitofago indirettamente, attraverso l'emissione di sostanze chimiche volatili utilizzate per il reclutamento dei nemici naturali (Peterson *et al.,* 2016). Nell'ambito di progetti di ricerca condotti recentemente in Italia e in Canada, sono stati studiati i meccanismi delle difese dirette ed indirette indotte in pianta dalla cimice asiatica, *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae) (Rondoni *et al.,* 2017, 2018, Bertoldi *et al.,* 2019) (Fig. 1). Questa specie esotica, introdotta accidentalmente negli Stati Uniti e in Europa, è estremamente polifaga e provoca ingenti danni economici a numerose colture (Haye *et al.,* 2015). È quindi necessario sviluppare strategie di controllo efficaci ed ecologicamente sicure per gestire *H. halys* nelle aree di invasione.

Difese dirette pre-attivate da femmine ovideponenti ed efficaci contro la generazione successiva

La capacità delle piante di riconoscere precocemente l'infestazione di *H. halys* e rispondere con meccanismi di difesa diretta è stata valutata utilizzando *Vicia faba* L. come modello sperimentale. In particolare, è stata analizzata l'abilità di *V. faba* nel rispondere all'ovideposizione della cimice pre-attivando difese dirette che influenzano lo sviluppo (antibiosi) delle future neanidi (Rondoni *et al.,* 2018).

Le piante sono state esposte a femmine gravide di *H. halys* per ottenere ovideposizioni e punture trofiche oppure sole punture trofiche. Piante non trattate sono state utilizzate come controllo. Dopo 4 giorni (tempo necessario allo sgusciamento delle neanidi) piante trattate e controllo sono state sfidate con prime età di *H. halys*. Le neanidi sviluppate su piante trattate che presentavano uova e punture di femmine conspecifiche hanno mostrato peso e dimensione (lunghezza della tibia) significativamente inferiori rispetto alle neanidi sviluppate su piante controllo, mentre tali differenze non sono state osservate nel caso di neanidi sviluppate su piante trattate con sole punture trofiche.

I dati biologici, raccolti sul fitofago, appaiono confermati dall'analisi dell'espressione genica eseguita su foglie raccolte in tempi diversi dopo i trattamenti. Infatti, le piante che avevano subito ovideposizione e successiva sfida con le neanidi hanno mostrato, a 24 e 48 ore dopo l'inizio della sfida, un incremento significativo dell'espressione dei geni *CPI* e *NAI1*,

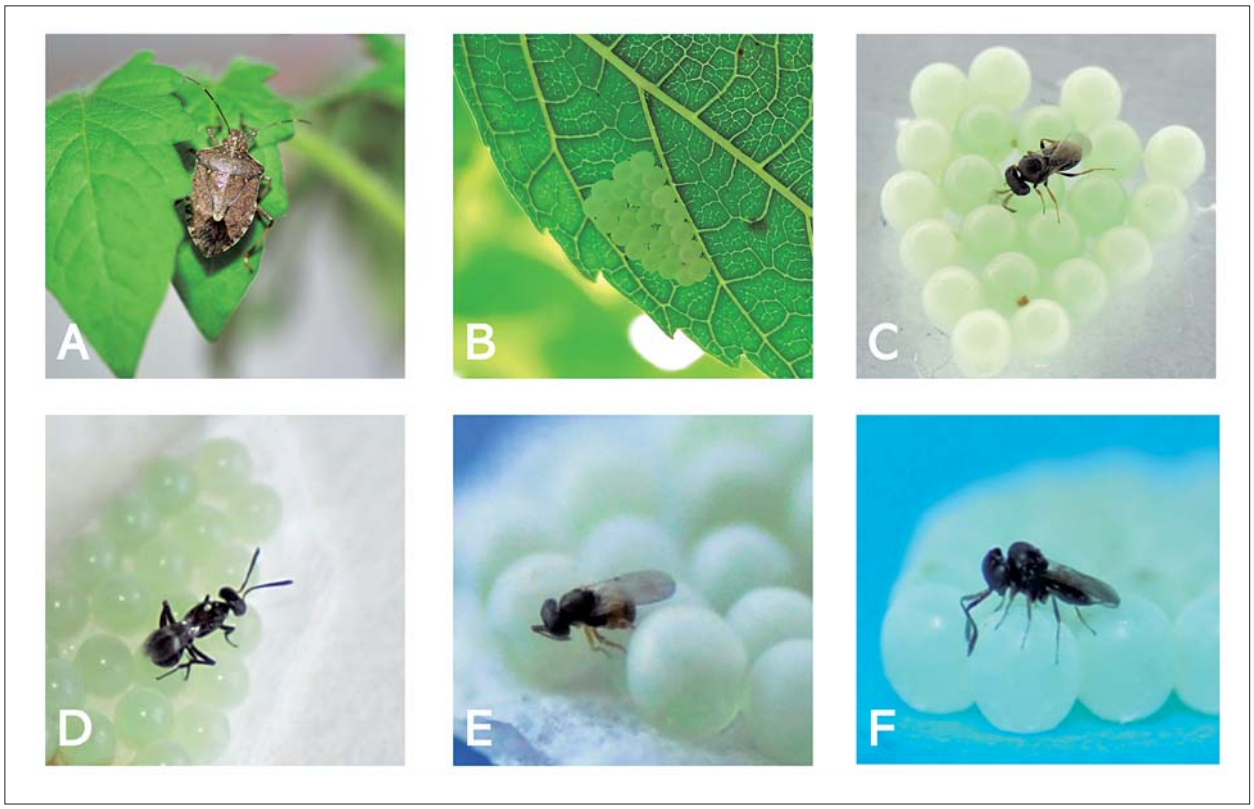


Fig. 1 – Adulto e uova di *Halyomorpha halys* e femmine di ooparassitoidi su ovature della cimice in condizioni di laboratorio. A: femmina su pianta di pomodoro in laboratorio; B: ovatura su pianta di gelso in campo; C: *Trissolcus japonicus*; D: *Anastatus bifasciatus*; E: *Ooencyrtus telenomicida*; F: *Trissolcus basalis*; A, B, D-F: UR Protezione delle Piante, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi di Perugia; C: Département de Sciences Biologiques, Institut de Recherche en Biologie Végétale, Université de Montréal, Canada.

regolati dall'acido giasmonico. Nelle piante con uova è stata anche rilevata una maggiore espressione del gene *PR1*, associato alla via dell'acido salicilico, sebbene la risposta sia stata ritardata (72h) rispetto ai geni dipendenti da acido giasmonico. Le piante controllo, senza uova e punture trofiche ma sfidate con neanidi hanno mostrato, dopo 24-48 ore, un incremento significativo dell'espressione di *PR1*, mentre non hanno mostrato alcuna variazione nell'espressione di *CPI* e *NAI1*.

I nostri risultati suggeriscono che l'ovideposizione determinerebbe in piante di *V. faba* un meccanismo di pre-attivazione delle difese giasmonato-dipendenti, permettendone in tal modo una tempestiva espressione subito dopo lo sgusciamento della futura generazione del fitofago. Questa interpretazione è in accordo con studi precedenti condotti su diversi sistemi pianta-fitofago (Beyaert *et al.,* 2012, Geiselhardt *et al.,* 2013, Pashalidou *et al.,* 2013, Bandoly *et al.,* 2015, Austel *et al.,* 2016). Tramite tale meccanismo di pre-attivazione delle difese, le piante rispondono più velocemente e/o più intensamente quando successivamente sfidate, aumentando così la resistenza a stress biotici e abiotici (Conrath *et al.*, 2011).

Difese indirette con richiamo di ooparassitoidi indigeni non coevoluti

Generalmente in seguito all'introduzione accidentale di fitofagi esotici alcuni parassitoidi indigeni possono adattarsi al nuovo ospite. A conferma di ciò, un decennio dopo l'introduzione accidentale di *H. halys* in Europa, due ooparassitoidi polifagi, *Anastatus bifasciatus* Geoffroy (Hymenoptera: Eupelmidae) e *Ooencyrtus telenomicida* (Vassiliev) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Fig. 1) sono stati raccolti su questo nuovo ospite in campo (Haye *et al.,* 2015, Roversi *et al.,* 2016, Costi *et al.,* 2019). Entrambe le specie sono in grado di completare lo sviluppo fino allo stadio adulto all'interno di *H. halys* (Haye *et al.,* 2015, Roversi *et al.,* 2016). Invece, l'ooparassitoide *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) (Fig. 1), ritrovato su uova sentinella congelate di *H. halys* disposte su piante di soia, non è stato in grado di svilupparsi da uova fresche di questo pentatomide (dati non pubblicati).

La capacità di utilizzare i composti volatili associati alla cimice invasiva favorirebbe quei parassitoidi che sono in grado di completare il loro sviluppo all'interno del nuovo ospite, mentre sarebbe svantaggiosa e potrebbe costituire una trappola evolutiva nel caso di parassitoidi per i quali il nuovo ospite non è idoneo (Abram *et al.,* 2014). Pertanto, mediante biosaggi in olfattometro a Y, sono state analizzate le risposte comportamentali dei parassitoidi indigeni a volatili emessi dagli adulti di *H. halys* e da piante di *V. faba* attaccate dalla cimice (Rondoni *et al.,* 2017).

Anastatus bifasciatus e *O. telenomicida* hanno mostrato attrazione nei confronti di composti volatili emessi dai maschi adulti della cimice e di quelli indotti nelle piante, mentre *T. basalis* ha risposto ai volatili delle femmine ma non ha risposto a quelli delle piante attaccate. Questi risultati sono coerenti con le conoscenze sul livello di polifagia di *A. bifasciatus* e *O. telenomicida*, ooparassitoidi generalisti che presentano una gamma di ospiti molto più ampia rispetto a *T. basalis*, e suggeriscono per i primi la capacità di utilizzare segnali generici associati a potenziali ospiti. I suddetti risultati, inoltre, mostrano una corrispondenza tra l'idoneità dell'uovo ospite per lo sviluppo del parassitoide e la capacità del parassitoide di utilizzare i segnali associati all'ospite per individuarlo.

Per quanto riguarda i volatili emessi dalle piante di *V. faba*, sulla base di precedenti indagini in altri sistemi pianta-pentatomide-parassitoide (Colazza *et al.,* 2004a, Moraes *et al.,* 2005, 2008, Michereff *et al.,* 2011), possiamo supporre che la loro induzione sia la conseguenza dell'ovideposizione combinata con l'alimentazione di *H. halys*. In effetti, ovideposizione combinata con alimentazione da parte di cimici inducono in pianta un incremento o un'emissione *de novo* di alcuni terpeni (Colazza *et al.,* 2004b, Conti *et al.,* 2008) e influenzano la fotosintesi (Velikova *et al.,* 2010). Modifiche nelle emissioni dei volatili sono state osservate anche su altre piante come conseguenza a danni di alimentazione di *H. halys*, con diversi effetti (Fraga *et al.,* 2016, Zhou *et al.,* 2016). Nel complesso i nostri dati e quelli della letteratura indicano che l'ecologia chimica di *H. halys* condivide diversi meccanismi con quella di altre cimici.

Difese indirette con richiamo di ooparassitoide coevoluto ed eventuale effetto collaterale su cimice predatrice

In Europa e Nord America il tasso di parassitizzazione naturale delle uova di *H. halys*, con completo sviluppo del parassitoide, è insufficiente a controllare efficacemente il fitofago (Abram *et al.,* 2017, Moraglio *et al.,* 2020). Perciò l'attenzione si è spostata sui parassitoidi coevoluti, provenienti dallo stesso areale d'origine della cimice, e in particolare sull'oofago *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) (Yang *et al.,* 2009, Talamas *et al.,* 2013) (Fig. 1). Inoltre, l'interesse per questa specie è aumentato in seguito al suo ritrovamento fortuito in America settentrionale (Talamas *et al.,* 2015, Buffington *et al.,* 2018) e in Europa (Sabbatini Peverieri *et al.,* 2018, Stahl *et al.,* 2019, Moraglio *et al.,* 2020). Tuttavia, prove di specificità condotte in laboratorio indicano

possibili rischi associati a effetti *non-target* su pentatomidi indigeni, incluse specie predatrici (Haye *et al.,* 2015, Dieckhoff *et al.,* 2017, Hedstrom *et al.,* 2017, Botch e Delfosse, 2018, Lara *et al.,* 2016, Haye *et al.,* 2019). Infatti, il predatore *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae), importante agente di controllo biologico in Nord America, è risultato in laboratorio idoneo alla parassitizzazione da parte di *T. japonicus* (Botch e Delfosse, 2018).

Considerando che negli areali invasi da *H. halys* è presente anche *P. maculiventris*, sono state condotte, in Canada, prove in olfattometro a Y finalizzate a verificare la risposta di femmine inesperte di *T. japonicus* a stimoli olfattivi associati all'ospite coevoluto, *H. halys*, e parallelamente a valutare l'eventuale risposta del parassitoide a stimoli associati all'ospite non coevoluto, *P. maculiventris*. Pertanto, utilizzando piante di pomodoro, *Solanum lycopersicum* L., è stata analizzata l'attrazione di *T. japonicus* da parte di volatili indotti da ovideposizione e alimentazione di *H. halys* (induzione di resistenza indiretta) e di *P. maculiventris*. Inoltre, prove in olfattometro sono state condotte anche al fine di valutare la risposta di *T. japonicus* a volatili emessi da adulti e uova di *H. halys* e di *P. maculiventris* (Bertoldi *et al.,* 2019).

Dai risultati è emerso che le piante di pomodoro sottoposte a ovideposizione e alimentazione di *H. halys* sono attrattive nei confronti di *T. japonicus*, indicando una possibile attivazione di un meccanismo di difesa indiretta. Inoltre, le femmine di *T. japonicus* hanno risposto positivamente a segnali volatili di femmine gravide e maschi maturi di *H. halys*, ma non delle sue uova. Al contrario, le femmine del parassitoide non hanno mai risposto ai segnali associati a *P. maculiventris*. Tale mancanza di risposte a *P. maculiventris* potrebbe ridurre la probabilità che *T. japonicus* localizzi e parassitizzi questo predatore in condizioni di campo.

Conclusioni

Abbiamo visto che le piante riconoscono e rispondono all'ovideposizione e all'alimentazione di *H. halys* mediante l'induzione di sinomoni che attirano sia i parassitoidi indigeni generalisti, *A. bifasciatus* e *O. telenomicida* su fava, sia quello co-evoluto, *T. japonicus* su pomodoro. Gli stessi parassitoidi sono attirati anche dai cairomoni dell'ospite, ma con apparente maggior specializzazione nel caso di *T. japonicus*, che è attirato dalle femmine ovideponenti di *H. halys*. Questo parassitoide non reagisce, invece, quando è esposto ai volatili associati al pentatomide predatore *P. maculiventris*. Possiamo quindi affermare che la capacità delle piante di riconoscere l'ovideposizione di *H. halys* permette un duplice meccanismo difensivo, diretto e indiretto, che pone il fitofago "tra l'incudine e il martello". L'emissione di volatili attrattivi per i parassitoidi oofagi permette la soppressione del fitofago prima che possa provocare danno, mentre la pre-attivazione delle difese dirette regolate da acido giasmonico permette alla pianta di prepararsi al futuro attacco da parte della prole del fitofago.

L'abilità dimostrata da *T. japonicus* nell'utilizzare i semiochimici associati al suo ospite coevoluto *H. halys* ne conferma ad oggi il potenziale ruolo primario come candidato per il controllo biologico di questa specie invasiva, eventualmente in combinazione con altri nemici naturali. Inoltre, l'incapacità di *T. japonicus* di utilizzare semiochimici associati a *P. maculiventris* suggerisce che i rischi non-target nelle aree di introduzione del parassitoide potrebbero essere inferiori rispetto a quanto temuto. Future ricerche potrebbero essere indirizzate alla definizione di strategie per potenziare l'efficacia dei parassitoidi indigeni ed esotici e le risposte difensive delle piante in un contesto di controllo integrato.

RINGRAZIAMENTI

Ricerche condotte nell'ambito del Progetto H2020-MSCA-RISE-2015 "INVASION" (GA 690952).

BIBLIOGRAFIA

Abram P. K., Gariepy T. D., Boivin G., Brodeur J., 2014 – *An invasive stink bug as an evolutionary trap for an indigenous egg parasitoid.* - Biol. Invasions, 16: 1387-1395.

Abram P.K., Hoelmer K.A., Acebes-Doria A., Andrews H., Beers E.H., Bergh J.C., Bessin R., Biddinger D., Botch P., Buffington M.L., Cornelius M.L., Costi E., Delfosse E.S., Dieckhoff C., Dobson R., Donais Z., Grieshop M., Hamilton G., Haye T., Hedstrom C., Herlihy M.V., Hoddle M.S., Hooks C.R.R., Jentsch P., Joshi N.K., Kuhar T.P., Lara J., Lee J.C., Legrand A., Leskey T.C., Lowenstein D., Maistrello L., Mathews C.R., Milnes J.M., Morrison W.R. III, Nielsen A.L., Ogburn E.C., Pickett C.H., Poley K., Pote J., Radl J., Shrewsbury P.M., Talamas E., Tavella L., Walgenbach J.F., Waterworth R., Weber D.C., Welty C., Wiman N.G., 2017 – *Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe*. - J. Pest Sci., 90: 1009-1020.

Austel N., Eilers E.J., Meiners T., Hilker M., 2016 – *Elm leaves 'warned' by insect egg deposition reduce survival of hatching larvae by a shift in their quantitative leaf metabolite pattern*. - Plant Cell Environ., 39: 366-376.

Bandoly M., Hilker M., Steppuhn A., 2015 – *Oviposition by* Spodoptera exigua *on* Nicotiana attenuata *primes induced plant defence against larval herbivory*. - Plant J., 83: 661-672.

Bertoldi V., Rondoni G., Brodeur J., Conti E., 2019 – *An egg parasitoid efficiently exploits cues from a coevolved host but not those from a novel host*. - Front. Physiol., 10: 746.

Beyaert I., Köpke D., Stiller J., Hammerbacher A.,

Yoneya K., Schmidt A., Gershenzon J., Hilker M., 2012 – *Can insect egg deposition 'warn'a plant of future feeding damage by herbivorous larvae?* - Proc. R. Soc. Lond. B., 279: 101-108.

Botch P.S., Delfosse E.S., 2018 – *Host-acceptance behavior of* Trissolcus japonicus *(Hymenoptera: Scelionidae) reared on the invasive* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae) and nontarget species*. - Environ. Entomol., 47: 403-411.

Buffington M.L., Talamas E.J., Hoelmer K.A., 2018 – *Team* Trissolcus*: integrating taxonomy and biological control to combat the brown marmorated stink bug*. - American Entomologist, 64: 224-232.

Colazza S., Fucarino A., Peri E., Salerno G., Conti E., Bin F., 2004a – *Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids*. - J. Exp. Biol., 207: 47-53.

Colazza S., McElfresh J.S., Millar J.G., 2004b – *Identification of volatile synomones, induced by* Nezara viridula *feeding and oviposition on bean spp., that attract the egg parasitoid* Trissolcus basalis. - J. Chem. Ecol., 30: 945-964.

Colazza S., Peri E., Salerno G., Conti E., 2010 – "*Host searching by egg parasitoids: exploitation of host chemical cues" in Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on* Trichogramma. Dordrecht, NL: Springer, 97-147.

Conrath U., Beckers G.J., Langenbach C.J., Jaskiewicz M.R., 2011 – *Priming for enhanced defense*. - Annu. Rev. Phytopathol., 53: 97-119.

Conti E., Colazza S., 2012 – *Chemical ecology of egg parasitoids associated with true bugs*. - Psyche, 2012: 651015.

Conti E., Zadra C., Salerno G., Leombruni B., Volpe D., Frati F., Marucchini C. Bin F., 2008 – *Changes in the volatile profile of* Brassica oleracea *due to feeding and oviposition by* Murgantia histrionica *(Heteroptera: Pentatomidae).* - Eur. J. Entomol., 105: 839-847.

Costi E., Haye T., Maistrello L., 2019 – *Surveying native egg parasitoids and predators of the invasive* Halyomorpha halys *in Northern Italy*. - J. App. Entomol., 143: 299-307.

Desurmont G.A., Harvey J., van Dam N.M., Cristescu S.M., Schiestl F.P., Cozzolino S., Anderson P., Larsson M.C., Kindlmann P., Danner H., 2014 – *Alien interference: disruption of infochemical networks by invasive insect herbivores*. - Plant Cell Environ., 37: 1854-1865.

Dieckhoff C., Tatman K.M., Hoelmer K.A., 2017 – *Natural biological control* of Halyomorpha halys *by native egg parasitoids: a multi-year survey in northern Delaware*. - J. Pest. Sci., 90: 1143-1158.

Fraga D.F., Parker J., Busoli A.C., Hamilton G.C., Nielsen A.L., Rodriguez-Saona C., 2016 – *Behavioral responses of predaceous minute pirate bugs to tridecane, a volatile emitted by the brown marmorated stink bug*. - J. Pest Sci., 90: 1107-1118.

Geiselhardt S., Yoneya K., Blenn B., Drechsler N., Gershenzon J., Kunze R., Hilker M., 2013 – *Egg laying of cabbage white butterfly (*Pieris brassicae*) on* Arabidopsis thaliana *affects subsequent performance of the larvae*. - PLoS ONE, 8: e59661.

Haye T., Fischer S., Zhang J., Gariepy T., 2015 – *Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae), in Europe?* - J. Pest Sci., 88: 693-705.

Haye T., Moraglio S.T., Stahl J., Visentin S., Gregorio T., Tavella L., 2019 – *Fundamental host range of* Trissolcus japonicus *in Europe*. - J. Pest Sci., 93: 171-182.

Hedstrom C., Lowenstein D., Andrews H., Bai B., Wiman, N., 2017 – *Pentatomid host suitability and the discovery of introduced populations of* Trissolcus japonicus *in Oregon*. - J. Pest. Sci., 90: 1169-1179.

Heil M., 2014 – *Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions*. - New Phytol., 204: 297-306.

Hilker M., Meiners T., 2008 – *Chemoecology of insect eggs and egg deposition*. Blackwell, Berlin.

Lara J., Pickett C., Ingels C., Haviland D.R., Grafton-Cardwell E., Doll D., Bethke J.A., Faber B., Dara S.K., Hoddle M., 2016 – *Biological control program is being developed for brown marmorated stink bug*. - Calif. Agric., 70: 15-23.

Michereff M.F.F., Laumann R.A., Borges M., Michereff-Filho M., Diniz I.R., Neto A.L.F., Moraes M.C.B., 2011 – *Volatiles mediating a plant - herbivore - plantherbivore - natural enemy interaction in resistant and susceptible Soybean cultivars*. - J. Chem. Ecol., 37: 273-285.

Moraes M.C.B., Laumann R., Sujii E.R., Pires C., Borges M., 2005 – *Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug,* Euschistus heros, *and their effect on the egg parasitoid,* Telenomus podisi. - Entomol. Exp. Appl., 115: 227-237.

Moraes M.C.B., Pareja M., Laumann R.A., Hoffmann-Campo C.B., Borges M., 2008 – *Response of the parasitoid* Telenomus podisi *to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition*. - J. Plant Interact., 3: 111-118.

Moraglio S.T., Tortorici F., Pansa M.G., Castelli G., Pontini M., Scovero S., Visentin S., Tavella L., 2020 – *A 3-year survey on parasitism of* Halyomorpha halys *by egg parasitoids in northern Italy*. - J. Pest Sci., 93: 183-194.

Pashalidou F.G., Lucas-Barbosa D., van Loon J.J., Dicke M., Fatouros N.E., 2013 – *Phenotypic plasticity of plant response to herbivore eggs: effects on resistance to caterpillars and plant development*. - Ecology, 94: 702-713.

Peterson J.A., Ode P.J., Oliveira-Hofman C., Harwood J.D., 2016 – *Integration of plant defense traits with biological control of arthropod pests: challenges and opportunities.* - Front. Plant. Sci., 7: 1794.

Rondoni G., Bertoldi V., Malek R., Djelouah K., Moretti C., Buonaurio R., Conti E., 2018 – Vicia faba *plants respond to oviposition by invasive* Halyomorpha halys *activating direct defences against offspring*. - J. Pest Sci., 91: 671-679.

Rondoni G., Bertoldi V., Malek R., Foti M.C., Peri E., Maistrello L., Haye T., Conti E., 2017 – *Native egg parasitoids recorded from the invasive* Halyomorpha halys *successfully exploit volatiles emitted by the plant–herbivore complex*. - J. Pest Sci., 90: 1087-1095.

Roversi F.P., Binazzi F., Marianelli L., Costi E., Maistrello L., Sabbattini Peverieri G., 2016 – *Searching for native egg-parasitoids of the invasive alien species* Halyomorpha halys *Stål (Heteroptera Pentatomidae) in Southern Europe*. - Redia, 99: 63-70.

Sabbatini Peverieri G., Talamas E., Bon M.C., Marianelli L., Bernardinelli I., Malossini G., Benvenuto L., Roversi P.F., Hoelmer K., 2018 - *Two Asian egg parasitoids of* Halyomorpha halys *(Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy*: Trissolcus mitsukurii *(Ashmead) and* Trissolcus japonicus

(Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). - J. Hymenopt. Res., 67: 37-53.

Stahl J., Tortorici F., Pontini M., Bon M.C., Hoelmer K., Marazzi C., Tavella L., Haye T., 2019 – *First discovery of adventive populations of* Trissolcus japonicus *in Europe*. - J. Pest Sci., 92: 371-379.

Talamas E., Buffington M., Hoelmer K. 2013 – *New synonymy of* Trissolcus halyomorphae *Yang*. - J. Hymenopt. Res., 33: 113-117.

Talamas E.J., Herlihy M.V., Dieckhoff C., Hoelmer K.A., Buffington M., Bon, M.C., Weber D.C., 2015 – Trissolcus japonicus (*Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerges in North America.* - J. Hymenopt. Res., 43: 119-128.

Velikova V., Salerno G., Frati F., Peri E., Conti E., Colazza S., Loreto F., 2010 – *Influence of feeding and oviposition by phytophagous pentatomids on photosynthesis of herbaceous plants*. - J. Chem. Ecol., 36: 629-641.

Vet L.E.M., Dicke M., 1992 – *Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context.* - Annu. Rev. Entomol., 37: 141-172.

Woodard A.M., Ervin G.N., Marsico T.D., 2012 – *Host plant defense signalling in response to a coevolved herbivore combats introduced herbivore attack*. - Ecol. Evol., 2: 1056-1064.

Yang Z.Q., Yao Y.X., Qiu L.F., Li Z.X., 2009 – *A new species of* Trissolcus *(Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology.* - Ann. Entomol. Soc. Am., 102: 39-47.

Zhou Y., Giusti M.M., Parker J., Salamanca J., Rodriguez-Saona C., 2016 – *Frugivory by brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) alters blueberry fruit chemistry and preference by conspecifics*. - Environ. Entomol., 45: 1227-1234.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 131-133

OOPARASSITOIDI ASIATICI DI *HALYOMORPHA HALYS*: POSSIBILITÀ DI BIOCONTROLLO E VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE

PIO FEDERICO ROVERSI [a] - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI [a] - LEONARDO MARIANELLI [a]

[a] *Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Difesa e Certificazione, Via Lanciola 12/A, 50125 Firenze (I);* e-mail: piofederico.roversi@crea.gov.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

Asian Halyomorpha halys *eggparasitoids: biocontrol and environmental impact assessment*

Halyomorpha halys, also known as the brown marmorated stink bug, is an alien and invasive species, originating from East Asia which was introduced in North America and Europe where severe damages to vegetable crops, fruits and ornamental plants were recorded. Due to the low efficacy of chemicals and problem related to the use of broad-spectrum pesticides, growing attention has been given to the biological control. Since eggparasitoids are the most effective natural enemies of *H. halys* in Asia, the Hymenoptera *Trissolcus japonicus* (Ashmead), a promising candidates as biological control agent, were imported from USA and tested in laboratory trials to verify efficacy. The risk that females of this eggparasitoid could parasitizing non-target species was thoroughly evaluated too.

KEY WORDS: Brown Marmorated Stink Bug, Eggparasitoids, *Trissolcus japonicus*, non-target species.

La Difesa Fitosanitaria delle Piante Agrarie, Forestali e Ornamentali deve oggi fronteggiare in modo crescente le drammatiche conseguenze per l'agricoltura e l'ambiente, derivanti dall'introduzione accidentale e dalla diffusione epidemica di specie aliene di organismi nocivi, talvolta configurabili come vere e proprie "Invasioni Biologiche".

Halyomorpha halys Stål (Hemiptera Pentatomidae), è un Insetto originario dell'Asia orientale dannoso a piante, frutti e semi, che a metà degli anni '90 del secolo scorso è stata dapprima rinvenuta negli USA e successivamente in Europa e Sud America, oltre ad essere ripetutamente intercettata nei punti di ingresso in varie altre aree geografiche (es. Nuova Zelanda e Australia). Negli areali di nuova introduzione, la specie si è diffusa con rapidità arrecando danni consistenti soprattutto alla frutticoltura e all'orticoltura, danneggiando seriamente anche piante ornamentali e piantagioni di Pioppi (HOEBEKE & CARTER, 2003; BERNON, 2004; WERMELINGER *et al*., 2008; LEE *et al*., 2013; MAISTRELLO *et al*., 2016; HORMSBY, 2018; LESKEY & NIELSEN, 2018).

Gli interventi di lotta su scala globale sono stati inizialmente incentrati sull'utilizzo di prodotti chimici, con impiego di principi attivi a largo spettro che oltre a non permettere un efficace contenimento dei danni del nuovo "pest" hanno determinato in vari casi lo sconvolgimento di consolidati programmi di difesa integrata. A seguito dei limiti evidenziati dalle strategie di controllo diretto, l'attenzione è stata diretta in modo crescente verso metodi alternativi di lotta. La Cimice asiatica è infatti un insetto polifago che riesce a svilupparsi sia su piante erbacee, annuali e pluriennali, ortive e cereali, e sia su frutteti e piante arboree e arbustive, nutrendosi di frutti maturi e immaturi, di semi, di getti verdi appena formati, di piccioli delle foglie e anche di giovani cortecce. L'Insetto è inoltre un ottimo volatore da adulto e un buon camminatore negli stadi giovanili, compiendo continui spostamenti tra aree coltivate e vegetazione spontanea. Per la lotta sono state sperimentate reti anti-insetto che hanno fornito risultati in frutteti, ma per le quali sono anche state evidenziate varie problematiche gestionali e l'applicabilità solo su alcune colture. L'attenzione richiesta da tali installazioni e la loro gestione durante le ordinarie attività agricole risultano elevate tanto che i sistemi si sono evoluti verso impianti definiti a monoblocco che inglobano più filari di piante. L'impiego di reti trattate con insetticidi in modo da limitare la diffusione di biocidi nell'ambiente in contesti di Difesa integrata, in fase di sperimentazione, ha evidenziato anche in tal caso limiti. Non mancano inoltre studi su sistemi crop trap o trap trees, ma una applicazione generalizzata è risultata tuttavia difficile. Schemi di trattamento chimico a file alterne o solo ai bordi hanno permesso di aumentare il numero di trattamenti rispetto a quanto ammesso nella difesa integrata, indirizzando il trattamento solo ad una parte della coltura e non al suo complesso. Tuttavia, anche questi approcci non sembrano di facile gestione nella pratica in campo e

– Pubblicato marzo 2020

non risultano in genere risolutivi oltre a implicare pesanti oneri per i produttori.

Controllo Biologico

In tali ambiti il CREA-DC, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, è stato chiamato dal MIPAAFT e dal Comitato Fitosanitario Nazionale a intensificare il proprio contributo tecnico-scientifico per affrontare le gravi emergenze fitosanitarie determinate dall'introduzione accidentale della Cimice asiatica, con particolare attenzione anche allo studio delle potenzialità degli antagonisti indigeni adattatisi al nuovo ospite e dei rischi connessi all'utilizzo di Antagonisti Naturali in programmi di "Lotta Biologica Classica". In questo ambito sono stati svolti in Italia dal CREA in collaborazione con i Servizi Fitosanitari Regionali indagini in varie regioni che hanno permesso di rilevare come taluni Antagonisti Naturali autoctoni abbiano la capacità di attaccare e svilupparsi nelle uova della Cimice. I dati ottenuti e le osservazioni effettuate, analogamente a quanto riscontrato in altri Paesi, indicano che l'incidenza di questi agenti biologici nel controllo della cimice è da ritenersi non decisiva (Roversi *et al*., 2016). Occasionalmente sono stati osservati per alcuni parassitoidi indigeni anche elevati livelli di parassitizzazione, per singole ovature o gruppi di ovature in limitati contesti ambientali, in particolare sulle uova della seconda generazione della Cimice, ma nel bilancio di un'intera stagione gli effetti sono risultati non determinanti per contenere i danni in modo significativo. A questo riguardo si segnala in particolare la specie *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy) (Hymenoptera Eupelmidae) (Roversi *et al*., 2016). Si inoltre provveduto nel corso di tale indagine a testare le potenzialità di *Ooencyrtus telenomicida* (Vassiliev) (Hymenoptera Encyrtidae) data la disponibilità di metodi standardizzati di allevamento di ospiti alternativi (Binazzi *et al*., 2015) e la particolare attitudine mostrata in prove preliminari di laboratorio nel parassitizzare e svilupparsi con successo a carico delle uova della cimice. Le prove preliminari svolte in frutteti del Nord Italia hanno però evidenziato i forti limiti di questa specie a svolgere la sua attività in contesti produttivi specializzati.

Decisamente migliori prospettive per la lotta contro questa nuova avversità dell'agricoltura si ritiene possano venire dalla realizzazione di interventi di "Lotta Biologica Classica" da realizzarsi con l'impiego di Parassitoidi esotici provenienti dallo stesso areale di origine della Cimice asiatica, con particolare riferimento a *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera Scelionidae), specie diffusa in Cina, Giappone e Corea, ad oggi la specie antagonista naturale maggiormente accreditata per lo sviluppo di programmi di contenimento delle popolazioni di Cimice asiatica (Yang *et al*., 2009; Lee, 2015; Zhang *et al*., 2017).

Nel quadro della definizione di un programma di Controllo Biologico di *H. halys*, dopo un primo avvio delle indagini nell'ambito del Progetto "ASPROPI" finanziato dal MIPAAF, le ricerche del Centro CREA Difesa e Certificazione (CREA-DC) sono state portate avanti con un altro Progetto MIPAAF denominato "PROTEZPIANTE", nell'ambito del quale previa acquisizione delle necessarie autorizzazioni internazionali, nazionali e regionali, è stato introdotto nel 2018 in condizioni di quarantena nei laboratori della sede di Firenze un ceppo di *Trissolcus japonicus* (Vespa samurai) dagli USA (USDA-ARS, Beneficial Insects Introduction Research Unit, Delaware), avviando test di Laboratorio per verificarne potenzialità e impatto ambientale (MIPAAFTDG/DISR/DISR05/00013647-19/04/2018). Si evidenzia che in tale contesto sono tutt'ora sottoposti a studi di laboratorio anche esemplari delle due popolazioni di *T. japonicus* e *T. mitsukurii* reperiti in natura in Italia (Sabbatini *et al*., 2018).

I test di laboratorio condotti con individui ottenuti dalla popolazione di *T. japonicus* introdotta dagli USA hanno permesso di riscontrare una elevata efficacia di questo ooparassitoide con tempi rapidi di sviluppo e una sex ratio a netto favore delle femmine. Nell'ambito di tali studi, il CREA-DC ha avviato indagini di laboratorio anche sull'etologia e la fisiologia di *T. japonicu*s, nonché sulla capacità di questo antagonista naturale di parassitizzare specie non-target mediante tests su 15 specie appartenenti alle Famm. Pentatomidae, Coereidae e Reduviidae. I risultati confermano quanto osservato di recente in altri studi condotti in Europa (Haye *et al.*, 2020), indicando alcune specie autoctone come potenzialmente idonee allo sviluppo di *T. japonicus*, evidenziando nel contempo una preferenza per *H. halys* e in misura minore per alcune altre specie incluse tra i soli Pentatomidi. Altri studi in fase avanzata presso i laboratori CREA riguardano la biologia riproduttiva di *T. japonicus*, necessari per la definizione di programmi di allevamento massale (Sabbatini *et al*., in preparazione).

In considerazione del reperimento in campo di popolazioni introdotte accidentalmente in Italia di *T. japonicus* e *T. mitsukurii*, è stato ritenuto necessario avviare indagini di campo il più possibile di dettaglio per definirne anche la reale distribuzione sul territorio di tali antagonisti naturali e ottenere quanti più dati sulla loro efficacia nei biocontrollo naturale della Cimice nelle aree di acclimatazione in Nord Italia in differenti contesti agricoli. A tale scopo è stata avviata una attività di collaborazione Coordinata dal "CREA Centro di Ricerca Difesa e Certificazione" con i Servizi Fitosanitari di Friuli Venezia Giulia, Veneto, Lombardia, Trento, Bolzano, Piemonte, Emilia Romagna, Umbria,

che si avvale anche del contributo del Centro CREA Difesa e Certificazione, della Fondazione E. Mach, del Centro di Ricerca di Laimburg e delle Università di Padova, Torino, Udine, Modena-Reggio Emilia, che sta monitorando nel dettaglio la diffusione naturale di questi due ooparassitoidi.

BIBLIOGRAFIA

Bernon G., 2004 – *Biology of* Halyomorha halys. *The brown marmorated stink bug*. – Final Report, United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Center for Plant Health. Science Technology, T3P01.

Binazzi F., Sabbatini Peverieri G., Simoni S., Frosinini R., Fabbricatore T., Roversi P.F., 2015 - *An effective method for* Graphosoma lineatum *(L.) long-term rearing*. – Redia, 98: 155-160.

Haye T., Moraglio S.T., Stahl J., Visentin S., de Gregorio T., Tavella L., 2020 – *Fundamental hosr range of* Trissolcus japonicus *in Europe*. – Journal of Pest Science, 93: 171-182.

Hoebeke E.R., Carter M.E., 2003 – Halyomorpha halys *(Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America*. – Proceedings of the Entomological Society of Washington, 105: 225-237.

Lee D.H., Short B.D., Joseph S.V., Bergh J.C., Leskey T.C., 2013 - *Review of the biology, ecology, and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea*. - Environmental Entomology 42: 627–641. https://doi.org/10.1603/ EN13006.

Lee D.H., 2015 – *Current status of research progress on the biology and management of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae) as an invasive species*. – Applied Entomology and Zoology, 50: 277-290.

Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – *Impact of the invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology and Management*. – Annual Review of Entomology 63: 599-618.

Maistrello L., Dioli P., Vaccari G., Nannini R., Bortolotti P., Caruso S., Costi E., Montermini A., Casoli L., Bariselli M., 2014 – *Primi rinvenimenti in Italia della cimice esotica* Halyomorpha halys, *una nuova minaccia per la frutticoltura*. – Atti Giornate Fitopatologiche, pp. 283-288.

Ormsby M.D., 2018 – Technical Review – *Proposed Treatments for BMSB* (Halyomorpha halys *(Stål); Pentatomidae*). New Zealand Ministry for Primary Indistries: Technical Document, 35 pp.

Roversi P.F., Binazzi F., Marianelli L., Costi E., Maistrello L., Sabbatini Peverieri G., 2016 - *Searching for native egg-parasitoids of the invasive alien species Halyomorpha halys Stål (Heteroptera Pentatomidae) in Southern Europe*. – Redia, 99: 63-70.

Sabbatini Peverieri G., Talamas E., Bon M.C., Marianelli L., Bernardinelli I., Malossini G., Benvenuto L., Roversi P.F., Hoelmer K., 2018 - *Two Asian egg parasitoids of Halyomorpha halys (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: Trissolcus mitsukurii (Ashmead) and Trissolcus japonicus (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae)*. – Journal of Hymenoptera Research, 67: 37-53.

Yang Z.Q., Yao Y.X., Qiu L.F., Li Z.X., 2009 - *A new species of* Trissolcus *(Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of* Halyomorpha halys *(Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology*. - Annals of the Entomological Society of America 102: 39–47.

Wermelinger B., Wyniger D., Forster B., 2008 – *First records of an invasive bug in Europe:* Halyomorpha halys *Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamental and fruit trees?* – Mitteilungen der Schwezerischen Entomologischen Gesellschaft, 81 (1-2): 1.8.

Zhang J., Zhang F., Gariepy T., Mason P., Gillespie D., Talamas E.J., Haye T., 2017 - *Seasonal parasitism and host specificity of* Trissolcus japonicus *in northern China*. - Journal of Pest Science 90: 1127–1142. https://doi.org/10.1007/s10340-017-0891-7

134 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 135-137

'*CANDIDATUS* PANTOEA CARBEKII', SIMBIONTE INTESTINALE DELLA CIMICE ASIATICA: UN BERSAGLIO INDIRETTO PER UNA NUOVA STRATEGIA DI LOTTA

ELENA GONELLA [a] - BIANCA ORRÙ [a] - ALBERTO ALMA [a]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino, Largo P. Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO);* e-mail: elena.gonella@unito.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Cimice asiatica *Halyomorpha halys*: nuove acquisizioni e applicazioni nella difesa". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2019.

*'*Candidatus *Pantoea carbekii', the gut symbiont of the brown marmorated stink bug: an indirect target for a new control strategy*

A promising sustainable strategy for the containment of insect pests is symbiotic control, operated by manipulating symbiotic associations occurring between insects and bacteria. An order notably suitable as a target for symbiotic control approaches is that of Hemiptera. Indeed, these insects specially rely on bacterial symbionts for nutrient provisioning, as they often feed on nutritionally poor diets. Among Hemiptera, pentatomid stink bugs may be particularly exposed to the alteration of their symbioses due to the peculiar transmission route of their symbiotic bacteria, which are transferred via maternal secretions smeared on the egg surface during oviposition and subsequently ingested by neonates. The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) undergoes a strict symbiotic interaction with the gamma-proteobacterial '*Candidatus* Pantoea carbekii' (*P. carbekii*); egg surface sterilization, by preventing its transmission, results in nymphal mortality under laboratory conditions. These scientific evidences were exploited to explore the potential creation of symbiotic control programs against *H. halys*. The suppressive effect of commercial products, available for organic farming, was evaluated on new-born nymphs of *H. halys* via *P. carbekii* elimination, by using application of micronutrient fertilizers showing antibacterial activity. Over 90% nymphal mortality was reached following exposure to zinc, copper and citric acid biocomplexes under laboratory conditions. A specific molecular diagnostic protocol confirmed that nymph death was related to the absence of *P. carbekii* live cells in the juveniles' gut. Preliminary tests in semi-field and field conditions supported the significant reduction of living *H. halys* nymphs after application of integrated fertilizers; moreover, an initial study of the treatment effect on egg parasitoid activity showed no interference with parasitization. Taken together, the results of these investigations provide the first demonstration of the potential application of symbiotic control strategies against *H. halys* using micronutrient biocomplexes. Exploiting the accessory effect of these fertilizers for the containment of stink bug populations would allow designing a new, eco-friendly approach for pest control.

KEY WORDS: *Halyomorpha halys*, *Pantoea carbekii*, symbiosis, micronutrient biocomplexes.

INTRODUZIONE

I batteri simbionti possono svolgere ruoli fondamentali nella fisiologia, ecologia, nutrizione e riproduzione dei loro insetti ospiti; queste strette relazioni possono condurre a elevati livelli di co-evoluzione tali da rendere la simbiosi obbligata (PROVOROV e ONISHCHUK, 2018). Un esempio è quello dei simbionti primari, batteri che svolgono ruoli indispensabili per la vita dell'ospite, principalmente legati al rifornimento o al metabolismo di nutrienti essenziali. Questi simbionti sono tipicamente associati ad artropodi che si nutrono su diete sbilanciate, e che quindi necessitano di apporti nutrizionali aggiuntivi forniti dai microrganismi (ALMA e GONELLA, 2013). Uno degli ordini più fortemente caratterizzati dalle relazioni con simbionti primari è quello degli emitteri, che per la maggior parte si nutrono su substrati nutrizionalmente poveri, come la linfa delle piante. Considerata l'importanza in agricoltura degli emitteri, che rappresentano una delle principali minacce per diverse colture, le conoscenze in merito alle simbiosi batteriche in insetti dannosi possono essere sfruttate per la creazione di approcci alternativi di lotta. Il controllo simbiotico (CS) è una strategia a basso impatto ambientale basata sulla manipolazione delle interazioni ospite-simbionte per il controllo di insetti dannosi o patogeni trasmessi da insetti (ALMA e GONELLA, 2013).

CONTROLLO SIMBIOTICO DI *HALYOMORPHA HALYS*

La cimice asiatica *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) rappresenta un bersaglio ottimale per la creazione di protocolli di lotta basati sul controllo simbiotico, in ragione della sua elevata importanza economica in Europa e in particolar modo in Italia, a cui si accompagna un ciclo biologico, comune ai pentatomidi, caratterizzato da una peculiarità che espone l'insetto all'alterazione dei rapporti sim-

– Pubblicato marzo 2020

biotici in conseguenza ad interventi esogeni. I pentatomidi, infatti, dipendono per la propria sopravvivenza da simbionti primari intestinali, che risiedono nell'ultima regione dell'intestino medio, detta regione V4, e che forniscono all'ospite i nutrienti essenziali mancanti nella sua dieta (Fig. 1) (Prado *et al.*, 2006). Tali simbionti sono trasmessi alla progenie tramite secrezioni rilasciate dalla madre sulla superficie dell'uovo durante l'ovideposizione, di cui le neanidi neonate si nutrono nelle prime ore successive alla schiusura (Bansal *et al.*, 2014). Impedire la trasmissione dei simbionti comporta un significativo decremento della fitness, espresso come ridotta sopravvivenza delle cimici emerse e lo sviluppo di esemplari di dimensioni inferiori (Otero-Bravo e Sabree, 2015). Il simbionte primario di *H. halys* è il gamma-proteobatterio della famiglia delle Enterobacteriaceae '*Candidatus* Pantoea carbekii' (*P. carbekii*) (Bansal *et al*., 2014). È stato dimostrato come *P. carbekii* svolga un fondamentale ruolo nutrizionale, fornendo all'ospite amminoacidi, vitamine e cofattori (Kenyon *et al.,* 2015). Il blocco della trasmissione verticale di *P. carbekii,* mediante sterilizzazione della superficie delle uova con candeggina, compromette la sopravvivenza delle neanidi di prima generazione e della loro progenie (Taylor *et al*., 2014).

Le conoscenze a disposizione in merito all'associazione simbiotica tra *H. halys* e *P. carbekii* possono essere sfruttate per la definizione di strategie di CS basate sull'interruzione del processo di trasmissione verticale del simbionte. Prove sperimentali di applicazione di sostanze ad attività antimicrobica su ovature di *H. halys* hanno mostrato in alcuni casi un effetto soppressivo nei confronti delle neanidi emerse da ovature trattate (Mathews e Barry, 2014; Taylor *et al*., 2017). La creazione di protocolli di CS sulla base di queste evidenze scientifiche richiede la valutazione dell'effetto su neanidi di *H. halys,* esercitato tramite l'eliminazione di *P. carbekii*, da parte di prodotti disponibili in commercio, la cui azione non è mai stata verificata in precedenza in relazione all'eliminazione di batteri simbionti di insetti dannosi. Il primo studio condotto in Italia, utilizzando principi attivi ammessi in agricoltura biologica in Europa, ha dimostrato un'elevata mortalità indotta nelle neanidi nate da ovature trattate con fertilizzanti integrati a base di microelementi, con comprovata attività battericida, attualmente presenti in commercio o in fase sperimentale (Gonella *et al*., 2019). In condizioni di laboratorio, infatti, il trattamento di ovature deposte nell'arco temporale di 24 ore e 5 giorni con fertilizzanti a base di biocomplessi contenenti miscele di microelementi come zinco, rame e manganese ha provocato una mortalità compresa tra l'80% e oltre il 90% delle neanidi prima del raggiungimento della II età, risultata significativamente superiore a quella registrata per neanidi provenienti da ovature non trattate (Gonella *et al*., 2019). La conferma della relazione tra la morte dei giovani e l'eliminazione di *P. carbekii* è stata fornita dalla diagnosi molecolare condotta tramite RT-PCR Real Time sull'RNA estratto dagli esemplari trattati e non, che ha evidenziato l'assenza del simbionte negli individui trattati e la sua presenza in quelli di controllo (Gonella *et al*., 2019). Indagini preliminari sono state effettuate in condizioni di semi-campo (su rami di nocciolo isolati in presenza di ovature di *H. halys*) e di campo (in

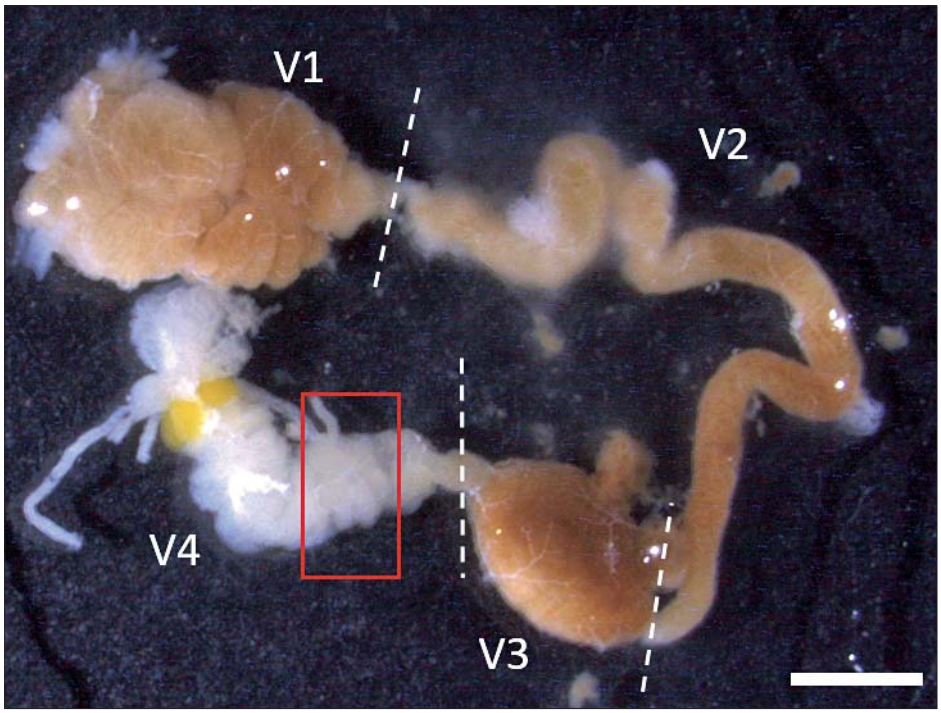


Fig. 1 – Intestino medio di pentatomide. Le diverse regioni intestinali sono indicate come V1-V4. I simbionti primari sono localizzati in cripte visibili all'interno della regione V4, mostrate nel riquadro. Barra = 2 mm.

corileti a conduzione convenzionale in zone con elevata presenza di cimice). I primi risultati disponibili suggeriscono una significativa riduzione della presenza di neanidi vitali in seguito al trattamento con biocomplessi a base di rame e zinco, sottolineando la potenziale efficacia di strategie basate sull'impiego di fertilizzanti integrati contro *H. halys*.

Un aspetto fondamentale da tenere in considerazione per introdurre il CS, tramite l'applicazione di fertilizzanti a base di microelementi come parte integrante delle strategie di lotta alla cimice asiatica, è l'impatto di questo approccio sull'agroecosistema, in particolare in riferimento alla sua integrazione con un altro importante strumento di gestione sostenibile, vale a dire la lotta biologica aumentativa mediante l'azione di parassitoidi oofagi indigeni ed esotici. Prove preliminari, condotte in condizioni di laboratorio, volte a verificare l'effetto del trattamento con fertilizzanti integrati sull'attività di specie autoctone di parassitoidi, hanno evidenziato tassi di parassitizzazione non dissimili da quelli ottenuti nelle medesime condizioni da ovature non trattate, suggerendo che i fertilizzanti integrati non hanno attività insetticida non interferendo con l'attività dei parassitoidi, pur mantenendo l'attività soppressiva nei confronti delle neanidi della cimice.

Considerazioni conclusive

La rapida diffusione di *H. halys* in Europa ha reso necessaria la rimodulazione degli interventi di difesa in molte colture, specialmente frutticole, a causa degli ingenti danni causati da questo insetto nelle aree di nuovo insediamento. La lotta chimica, basata principalmente sull'utilizzo di insetticidi ad ampio spettro, non sempre risulta vantaggiosa (Leskey e Nielsen, 2018). Inoltre, presenta numerose limitazioni dovute al forte impatto sugli agroecosistemi, sulla lotta biologica e sull'entomofauna utile presente nelle zone sottoposte ai trattamenti (Stahl *et al*., 2019). L'effetto negativo, unito alla continua riduzione di disponibilità di sostanze attive autorizzate dall'Unione Europea, richiedono una completa riconsiderazione della difesa, mediata dalla creazione di programmi di gestione colturale capaci di limitare l'impiego di insetticidi chimici.

In questo contesto, le prime osservazioni sull'efficacia dei trattamenti con fertilizzanti integrati a base di microelementi nel contenimento della cimice asiatica indicano che il CS può rappresentare una valida strategia per la gestione sostenibile di *H. halys*. Un valore aggiunto di questa strategia è dato dal fatto che le sostanze che possono essere impiegate per l'eliminazione del simbionte *P. carbekii* non sono molecole insetticide. Al contrario, questa strategia trae vantaggio dall'effetto accessorio esercitato da prodotti ideati e commercializzati come fertilizzanti, che sono stati dimostrati anche essere in grado di limitare fortemente le popolazioni della cimice, non interferendo in alcun modo con organismi non bersaglio, compresi i parassitoidi oofagi. Ulteriori sperimentazioni in condizioni di campo sono necessarie per la definizione di protocolli di lotta, al fine di chiarire le condizioni dei trattamenti, come dosi e tempi, oltre al numero totale di applicazioni, che deve tenere in considerazione il periodo di ovideposizione di *H. halys*, che può essere compreso tra la seconda decade di giugno e la seconda decade di settembre, in alcuni casi coprendo l'intera stagione produttiva.

BIBILOGRAFIA

Alma A., Gonella E., 2013 – *I microrganismi simbionti: una risorsa per il controllo di agenti patogeni e insetti dannosi*. - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Anno LX, 2012: 159-172.

Bansal R., Michel A.P., Sabree Z.L., 2014 – *The crypt-dwelling primary bacterial symbiont of the polyphagous pentatomid pest* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - Environ. Entomol., 43: 617-625.

Gonella E., Orrù B., Alma A., 2019 – *Egg masses treatment with micronutrient fertilizers has a suppressive effect on newly-emerged nymphs of the brown marmorated stink bug* Halyomorpha halys. - Entomol. Gen., 39: 231-238.

Kenyon L.J., Meulia T., Sabree Z.L., 2015 – *Habitat visualization and genomic analysis of "*Candidatus *Pantoea carbekii," the primary symbiont of the brown marmorated stink bug*. - Genome Biol. Evol., 7: 620-635.

Leskey T.C., Nielsen A.N., 2018 – *Impact of the brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.

Mathews C.R., Barry S., 2014 – *Compost tea reduces egg hatch and early-stage nymphal development of* Halyomorpha halys *(Hemiptera: Pentatomidae)*. - Fla Entomol., 97: 1726-1732.

Otero-Bravo A., Sabree Z.L., 2015 – *Inside or out? Possible genomic consequences of extracellular transmission of crypt-dwelling stinkbug mutualists*. - Front. Ecol. Evol., 3: 64.

Prado S.S., Rubinoff D., Almeida R.P.P., 2006 – *Vertical transmission of a pentatomid caeca-associated symbiont*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 99: 577-585.

Provorov N.A., Onishchuk O.P., 2018 – *Microbial Symbionts of Insects: Genetic Organization, Adaptive Role, and Evolution*. - Microbiol., 87: 151-163.

Stahl J.M., Gariepy T.D., Beukeboom L.W., Haye T., 2019 – *A molecular tool to identify* Anastatus *parasitoids of the brown marmorated stink bug*. - Entomol. Exp. Appl., 167: 692-700.

Taylor C.M., Coffey P.L., DeLay B.D., Dively G., 2014 – *The importance of gut symbionts in the development of the brown marmorated stink bug,* Halyomorpha halys *(Stål)*. - PLOS ONE, 9: 335 e90312.

Taylor C.M., Johnson V., Dively G., 2017 – *Assessing the use of antimicrobials to sterilize brown marmorated stink bug egg masses and prevent symbiont acquisition*. - J. Pest Sci., 90: 1287-1294.

138 - Pagina bianca

Seduta pubblica, Firenze 14 giugno 2019

Tavola Rotonda su:

AVVERSITÀ E INTERESSE APISTICO DELL'EUCALIPTO IN AMBIENTE MEDITERRANEO

Coordinatore:

Ignazio Floris, Accademico

140 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 141-142

INSECT PESTS OF *EUCALIPTUS* SPP. AND THEIR IMPACT IN THE MEDITERRANEAN ENVIRONMENT

Introduction to the Roundtable "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo"[1]

IGNAZIO FLORIS [a]

[a] *Department of Agricultural Sciences, University of Sassari, Italy, Viale Italia 39, 07100 Sassari (Italy);* e-mail:) ifloris@uniss.it.

Introduzione alla Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

The *Eucalyptus* species, including the three closely related genera *Eucalyptus, Angophora*, and *Corymbia*, are native to Australasia (Indonesia, the Philippines, and New Guinea). The genus *Eucalyptus* consists of over 800 species of trees, and this number continues to grow as new taxa are described.

For some, eucalypts are the trees of the future. They have earned a unique reputation among timber species because of several desirable characteristics: easy establishment, quick growth, and well adapted to intensive cultivation. The trees grow under a wide range of climatic and edaphic conditions. Vast plantations of eucalypts are found in South America (Brazil, Chile, and Argentina), sub-Saharan Africa (South Africa, Zambia, and Malawi), and the Mediterranean basin (Spain, Portugal, Italy, Tunisia, Algeria, and Israel). Although the eucalypt is an alien plant in countries in which it was introduced, after generations of planting it may be seen as almost part of the landscape. However, eucalypts are not considered a resource for all. For some people, eucalypts are a blight. The detractors' perception is that some *Eucalyptus* species are partly responsible for changing the natural landscape, preventing the growth of native species.

Besides their economic value as commercial species, eucalypts have also been planted in many parts of the world as ornamental trees. The first introduction of *Eucalyptus* species in Europe (*E. obliqua*) occurred in 1774 by seed in the greenhouses of the Royal Botanic Gardens (Kew Gardens), whereas the first species planted outdoors was *E. robusta* in the English Garden of the Royal Palace of Caserta (Italy) in 1792. Today, many *Eucalyptus* species can be found in urban or tourist contexts: equipped campsites, hotels and motels, recreation parks and as street trees. Another aspect, often underestimated, is its interest in beekeeping, due to its excellent nectar and pollen production.

With regard to the insect pests of eucalyptus, Australia has the largest community of insect herbivores adapted to feeding on these plant species. A very large number of leaf-eating insects, such stick insects, leaf beetles, and scarabs, feed on eucalypts as do additional sucking and boring species, such as psyllids (lerps), termites and wood-borers. Out of the areas of origin, the presence of native myrtaceous species that is much greater in Africa and South America than in the Northern hemisphere may favour herbivorous insects that feed on eucalypts. In Europe, almost all populations of eucalypts have been grown from seed for centuries, thereby minimizing the risks of pest introduction as few parasites infest eucalypt seeds.

Until now, pests of *Eucalyptus* spp. include over 50 species of insects throughout the world. In addition, a number of polyphagous local species cause damage to eucalypts. By examining patterns and potential trends with respect to the global spread of eucalypt-feeding insects, the rate of introductions have increased nearly fivefold since the 1980s. It is possible that they occurred because of increased trade and movement of people, but the hypothesis that there were intentional introductions should also be considered.

The main eucalyptus phytophagous insects in the Mediterranean area are the two-closely related species of longhorn beetles, *Phoracantha*

[1] The coordinator of the roundtable gratefully acknowledge the "Regione Autonoma della Sardegna, Tavolo Tecnico Difesa Fitosanitaria Piante Forestali, Assessorato Difesa Ambiente - Servizio Tutela del suolo e politiche forestali" for the financial support of the research project "Programma di tutela fitosanitaria delle specie di *Eucalyptus*".

– Pubblicato marzo 2020

semipunctata and *P. recurva*. The former species represents the first detection of eucalypt pests in Europe (1969), whereas the latter was recorded in 1998. However, *P. recurva* has almost completely displaced *P. semipunctata* as it emerges earlier than the congeneric species. Psyllid species are the most important pests of eucalyptus reported from Europe: *Ctenarytaina eucalypti* in central Europe in 1998, *C. spatulata* from France and Italy in 2003, *C. peregrina* described from the United Kingdom and Ireland in 2007, *Blastopsylla occidentalis* first reported in Italy in 2006, and *Glycaspis brimblecombei* recorded from Spain and Portugal in 2007. The invasive red gum lerp psyllid, *G. brimblecombei*, is the most serious eucalypt pest in the Mediterranean area, especially for *E. camaldulensis*. Finally, the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* represents the most recent introduction. In some instances, the bronze bug has been reported to "sting" people and was considered a nuisance. Other relevant phytophagous are gall wasps: *Ophelimus maskelli*, *Leptocybe invasa*, *Quadrastichodella nova*, *Leprosa milga*, *Megastigmus eucalypti*, and an *Aprostocetus* sp. *L. invasa* and *O. maskelli* have been recently considered as serious pests of eucalyptus trees. Among the leaf-feeding beetles, *Gonipterus scutellatus* is probably the most studied weevil species infesting eucalyptus trees worldwide. Actually, *G. scutellatus* species belongs to a complex of cryptic species, whose revision is still in progress. Another weevil is *Polydrusus* (*Metallites*) *parallelus*, an endemic species of Sardinia, Corsica and Elba, which feeds on eucalyptus trees within its distribution range. Damage caused by the feeding activity of *P. parallelus* appeared to be significant in young plants, due to annular erosions by adults on young branches.

Among native herbivores, the gypsy moth, *Lymantria dispar*, is probably the most important pest. Although in the Mediterranean area it is mainly associated with *Quercus* tree species, it is capable of feeding also on eucalyptus being a very polyphagous pest. Complete defoliation of eucalypt trees has recently been observed in Sardinia. These occasional infestations are more likely to be due to *L. dispar* populations spreading either actively or passively from close outbreak foci.

In the last decade, especially after the introduction of the psilla lerp, eucalyptus plants in the Mediterranean area have suffered serious damage, also associated with the presence of new fungal diseases. The impact has been observed especially in urban and tourist areas, even though the negative incidence of the new pests was mainly on honey production.

The most realistic approach for the pest management of eucalyptus is certainly the biological control, for many practical and ecological reasons, and not only in the urban context. Biological control programmes are often held back by costs, which are regarded as high for the protection of a plant whose usefulness is often disputed. However, an example can help us to understand the role of biological control. In California, in a very similar context to the Mediterranean area, the estimated value of the total number of eucalypt street trees (476,527 trees based on tree inventories from 135 California cities) was more than US$2.8 billion. Biological control programs that targeted pests of eucalypts in California have cost US$2.6 million. Consequently, the return derived from protecting the value of this resource through the biological control efforts, per dollar expended, was about US$ 1,070. This analysis demonstrated both the tremendous value of urban street trees, and the benefits that stem from successful biological control programs aimed at preserving these trees from invasive pests.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 143-150

OVERVIEW AND PRELIMINARY RISK ASSESSMENT OF THE PROCESSIONARY CATERPILLAR *OCHROGASTER LUNIFER* (LEPIDOPTERA: NOTODONTIDAE), A *EUCALYPTUS* PEST FROM AUSTRALIA

MIZUKI UEMURA [a] - ANDREA BATTISTI [a]

[a] *University of Padova, Department of Agronomy, Food, Natural resources, Animals and Environment, Legnaro, Padova, Italy;* e-mail: andrea.battisti@unipd.it
ORCID 0000-0002-2497-3064
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Overview and preliminary risk assessment of the processionary caterpillar Ochrogaster lunifer *(Lepidoptera: Notodontidae), a* Eucalyptus *pest from Australia*

As human population increases, so does the demand for resources from domestic and international suppliers for their quality and/or quantity. Increase in international trade, has exacerbated the introduction of non-native invasive pests causing ecological, societal and economic damage. In order to reduce this outcome, it is crucial to consider all possibilities of potential pests from foreign countries that could establish in Europe. *Eucalyptus* and *Acacia* spp. are used as ornamental plants in Europe, commonly planted in parks, suburban and recreational areas frequented by humans and pets/animals in the Mediterranean region. Here, we explore the potentials of a *Eucalyptus* and *Acacia* pest, *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schäffer (Lepidoptera, Notodontidae), a medically important species from Australia, entering and establishing in Europe. In outbreak years, *O. lunifer* larvae completely defoliate host plants but more importantly, it can increase the number of cases of urticaria and allergic reactions in humans and domestic animals because each larva possess millions of urticating setae. The species may enter Europe as eggs, larva, pre-pupa and pupa found on the host plant, in the soil or in packaging material. Establishment and spread of *O. lunifer* will depend on the host plant availability, efforts by inspectors during quarantine checks and phytosanitary measures. *Ochrogaster lunifer* is only found in Australia, but with the severity of various health implications that they cause to humans and animals, and with the frequent introduction of eucalypt pests from that continent, it is necessary to assess risks for the introduction of this species into Europe.

KEY WORDS: Defoliator, medical importance, setae, social Lepidoptera

INTRODUCTION

As human population increases, so does the demand for resources from domestic and international suppliers for their quality and/or quantity. Increase in international trade, has introduced invasive pests causing ecological, societal and economic damage. Plant-insect pest management is economically demanding; however, it becomes more problematic when serious health implications are involved with humans and animals. A species of recent interest is the processionary caterpillar, *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schäffer (Lepidoptera, Notodontidae), an urticating species found throughout Australia. The name 'processionary caterpillar' arises from their dispersal behaviour when larvae travel in a single file head-to-tail from the nest to search for a new host plant or a pupation site (FITZGERALD, 2003). Populations of *O. lunifer* are concentrated in coastal and inland habitats where *Acacia* and *Eucalyptus* spp. host plants occur (FLOATER, 1996; Fig. 1). There are other plants which *O. lunifer* feed on but are less recognised as primary host plants, therefore, more confirmation is needed. In outbreak years, *O. lunifer* are known to cause severe damage to plants through complete defoliation (FROGGATT, 1911; VAN SCHAGEN *et al*., 1992a; Fig. 2). Outbreak years can also increase the number of cases of urticaria and allergic reactions in humans and various medical problems in animals (see *Damage and health impacts of* Ochrogaster lunifer *on humans, animals and plants*).

Medical risks associated with *O. lunifer* is derived from their urticating microscopic hairs called setae, which are found on the abdominal segments of mid to late instars (BATTISTI *et al*., 2011). From third instar, each larva produces approximately 4000 setae and progressively increases until they reach final instar (VIII) where the number of setae increases up to approximately 2.0-2.5 million (PERKINS *et al*., 2016). Setae can be easily detached during inadvertent contact with the larva but can also be released and spread throughout the environment by wind (PERKINS *et al*., 2019). *Ochrogaster lunifer*

– Pubblicato marzo 2020

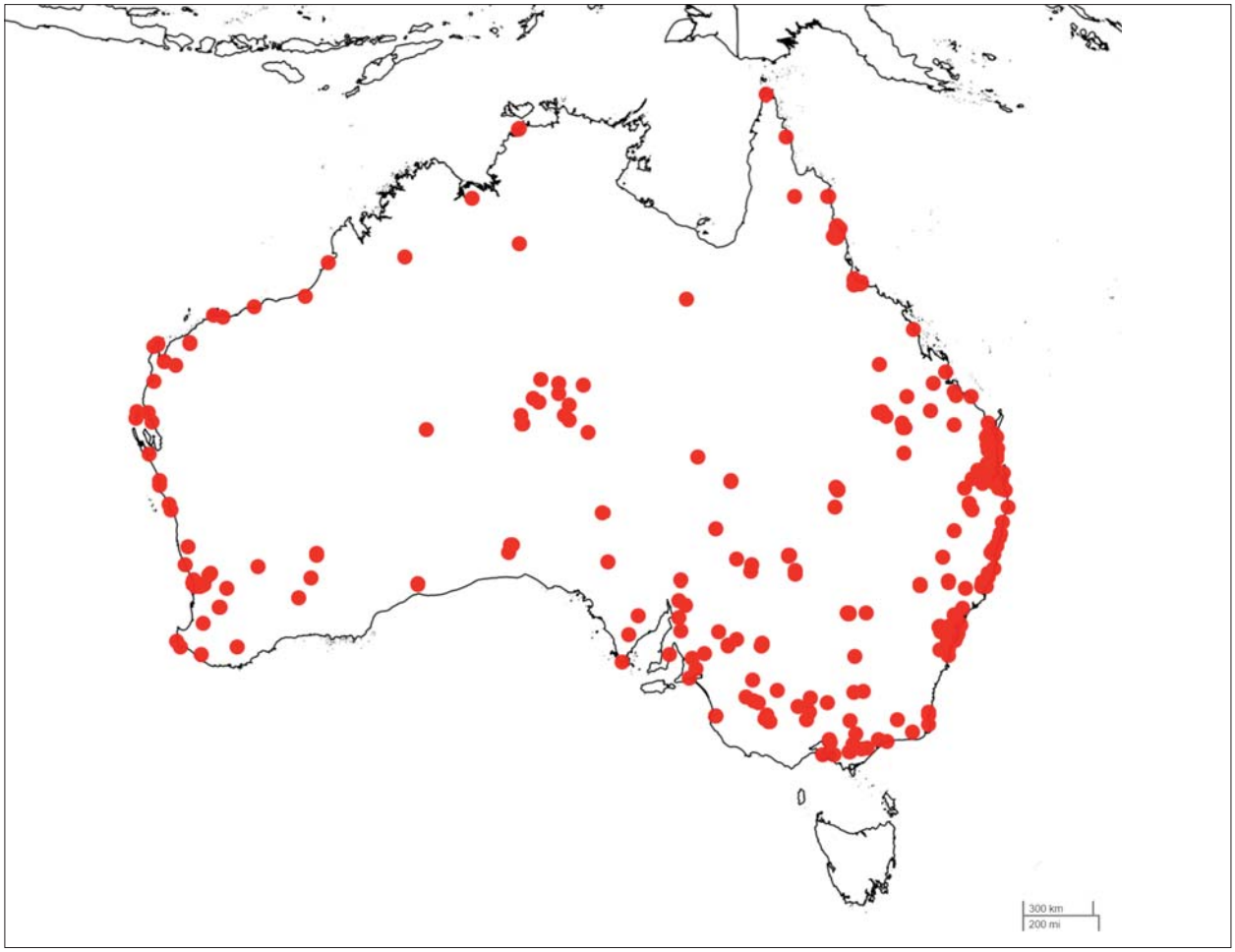


Fig 1 – Occurrence records of *Ochrogaster lunifer* in Australia represented as red dots (Atlas of Living Australia, 2020).

larvae live in a communal nest throughout all instar stages, with some nests easily exceeding a few hundred individuals. Within a nest, at each larval moult, there is an accumulation of exuviae containing millions of setae from each individual (Perkins *et al*., 2016). When the colony of final instar larvae abandon the nest in search for a pupation site, the structure of the nest deteriorates. As the nest breaks down over time, millions of setae that can remain active for at least a year (Battisti *et al*., 2011) are now exposed and dispersed in the environment (Perkins *et al*., 2016; Fig. 3).

Life history of *Ochrogaster lunifer*

Ochrogaster lunifer are a univoltine species and remains gregarious from egg to pupa (Floater and Zalucki, 1999; Fig. 4). Adult moths emerge in Austral spring (October - November), and mated females deposit an egg mass consisting of 150-550 eggs on the host tree (Floater and Zalucki, 1999). The eggs are covered with material from the female moth's anal tuft, composed of filamentous scales and long urticating setae which are thought to provide protection from natural enemies (Floater and Zalucki, 1999). Eggs hatch after a month and the neonates remain within the egg mass and do not feed until second instar (Floater, 1996). The neonates moult to second instar after approximately 14 days, and leave the egg mass and ascend to the canopy to feed on the foliage during the day (Floater, 1996). Later instars feed almost exclusively at night, leaving the nest at approximately sunset every day (Floater, 1996). The gregarious larvae continuously spin silk throughout all larval stages to build a communal nest within the tree (Floater, 1996). Within the species *O. lunifer*, there are five distinct nesting forms and they differ by phenotypic, genotypic and ecological characteristics (more information in *Nesting forms of* Ochrogaster lunifer). *Ochrogaster lunifer* has eight larval instars, with later instars showing sexual dimorphism with females being larger than males (Floater, 1996). As the larvae get older, the nest expands around the original egg batch (Floater, 1996). In *O. lunifer* that feeds exclusively on *Corymbia tessellaris* (syn. *Eucalyptus tessellaris*), at third instar, the larvae

Fig. 2 – Completely defoliated *Corymbia tessellaris* by *Ochrogaster lunifer* larvae in Gatton, Australia. Image taken by Mizuki Uemura.

Fig. 3 – Deteriorating abandoned *Ochrogaster lunifer* nest tangled on a branch of *Corymbia tessellaris* and blown by the wind, in Gatton, Australia. Image taken by Andrea Battisti.

Fig. 4 – Life history of *Ochrogaster lunifer* in south-east Australia. *Ochrogaster lunifer* has a univoltine lifecycle: 1 month as an egg in Oct-Dec, larva for 5 months in Dec-May, pre-pupal diapause for 4 months in May-Sep, pupa for 1 month in Sep-Oct, and adult for a few days in Oct-Nov. Going clockwise from the image in the top middle: **1)** a golden above ground nest *O. lunifer* egg mass with L2 larvae, **2)** above ground nest egg mass in the canopy of a eucalypt, **3)** procession of late instar larvae on a eucalypt, **4)** pre-pupation procession of last instar (VIII) larvae leaving the host tree to search for a pupation site, **5)** uncovered pre-pupa in diapause, **6)** cocoon, pupa and larval exuvia of a male *O. lunifer*, **7)** *O. lunifer* female. Images 1 and 6 taken by Lynda Perkins, and images 2-5 and 7 taken by Mizuki Uemura.

move to the trunk and build a nest on the surface of the tree at approximately mid height (M. Uemura, pers. obs. 2017). If there is more than one egg mass on a host tree, different colonies may gather in one nest consisting of a few hundred individuals (Floater, 1996). In May, when final instar *O. lunifer* larvae are fully fed, the colony leaves the nest in a procession to find a pupation site underground (Floater, 1996). Processions may spend several days to find a suitable site, creating temporary 'bivouacs' during their journey (Uemura *et al*., 2020). When the colony finds a suitable pupation site, the larvae burrow together to a depth approximately 10-20 cm from the surface (M. Uemura, pers. obs. 2017) and goes into diapause for approximately three months as a pre-pupa (Floater and Zalucki, 1999). In September, pre-pupa spins a cocoon that is embedded with larval setae and emerges as an adult in October-November (Floater, 1996). Moths have reduced mouthparts and do not feed during the few days they are alive (Floater, 1996). Mated females find a suitable host tree by 'sampling' the leaves and branches of a tree, which may take a few attempts to find the right one (Floater, 1996).

Larval numbers decreased as *O. lunifer* development progressed, due to natural enemies such as predators and parasitoids and from other natural causes (van Schagen *et al*., 1992b). There are various invertebrate predators and parasitoids that prey on *O. lunifer* at different life stages. Highest mortality occurred during the egg and first instar stages by dermestid larvae (Coleoptera: Dermestidae) predation (Floater, 1996). Two species of dermestid larvae present in *O. lunifer* egg masses were *Dermestes ater* De Geer and *Trogoderma apicipenne* Reitter however, the prevalence of dermestid predation was variable (Floater, 1996). Other predators recorded feeding on *O. lunifer* are predatory pyrrhocorid bug, *Dindymus circumcinctus* Stål (Hemiptera: Pyrrhocoridae) (Floater, 1996), predatory moth, *Titanoceros* sp. (Lepidoptera: Pyralidae) and spiders (van Schagen *et al*., 1992b). Egg parasitism by chalcid wasps *Anastatus fuligispina* Girault (Hymenoptera: Chalcidoidea) was a common occurrence with 95% of egg masses parasitised in Gatton, Australia (Uemura *et al*., 2019). However, this is possibly due to a concentration effect of the local *A. fuligispina* population in Gatton, since Floater (1996) found low prevalence of *A. fuligispina* in 1.2 - 3.6 % of egg masses surveyed (Uemura *et al*., 2019). An important mortality in *O. lunifer*, is larval parasitism by *Carcelimyia dispar* Macquart (Diptera: Tachinidae) and less commonly by sarcophagid flies (Diptera: Sarcophagidae) (Floater, 1996). In the case of *C. dispar*, mated female flies deposit one or several eggs on the head capsule of *O. lunifer* larvae (Floater, 1996). As for vertebrate predators, adult moths were recorded to be predated by pied butcher bird *Craticus nigrogularis* Gould (Passeriformes: Artamidae) (van Schagen *et al*., 1992b) and noisy miner bird *Manorina melanocephala* Latham (Passeriformes: Meliphagidae) (M. Uemura, pers. obs. 2018). Vertebrate predators of larval *O. lunifer* are likely to be less abundant because of the inflammatory reaction to the short urticating setae, which are considered a defence mechanism against mammalian and avian predators (Battisti *et al*., 2011). However, in addition to setae, the volatile chemicals present on the body of *O. lunifer* larva deterred predatory ants from attacking (Uemura *et al*., 2017). Therefore, the combination of setae and volatile chemicals produced by *O. lunifer* larvae may deem unpalatable to vertebrate predators (Perkins *et al*., 2019).

Nesting forms of *Ochrogaster lunifer*

Ochrogaster lunifer have five different nesting forms: canopy, trunk, tree-hugger, hanging and ground nests (Perkins *et al*., 2016; Fig. 5). The variation of nesting forms found within *O. lunifer* depend on the location of oviposition site, morphology and ecology of the species (Mather *et al*., 2019). Female moths from all nesting forms except for the ground nest, oviposits in the canopy of the host tree. Females from ground nests oviposit on the base of the host tree trunk (Floater, 1996), whereas the canopy nest females oviposit on the branches and twigs of the host tree. Additionally, the white colouration of the egg mass is found only in ground nests, which differs from other nesting forms which are golden (Floater, 1996; Fig. 6). The egg mass colouration is derived from the colour of the anal tuft scales present on the female moth. Correspondingly, the morphology of adult moths of both sexes differ between the nesting forms (Fig. 7). Size and colour of larvae appear to differ between above ground and ground nest forms (Mills, 1951). Colouration of the silk produced by the larvae to build the nest is white in ground nests and yellow to golden in above ground nests (M. Uemura, pers. obs. 2017). Nesting forms found both on the ground and above ground feed on various *Acacia* spp., however, *O. lunifer* nests above ground feed on eucalypts (*Eucalyptus* and *Corymbia*) (Floater, 1996). Numerous scientists have raised the question if *O. lunifer* is a cryptic species. Mather *et al*. (2019) have identified at

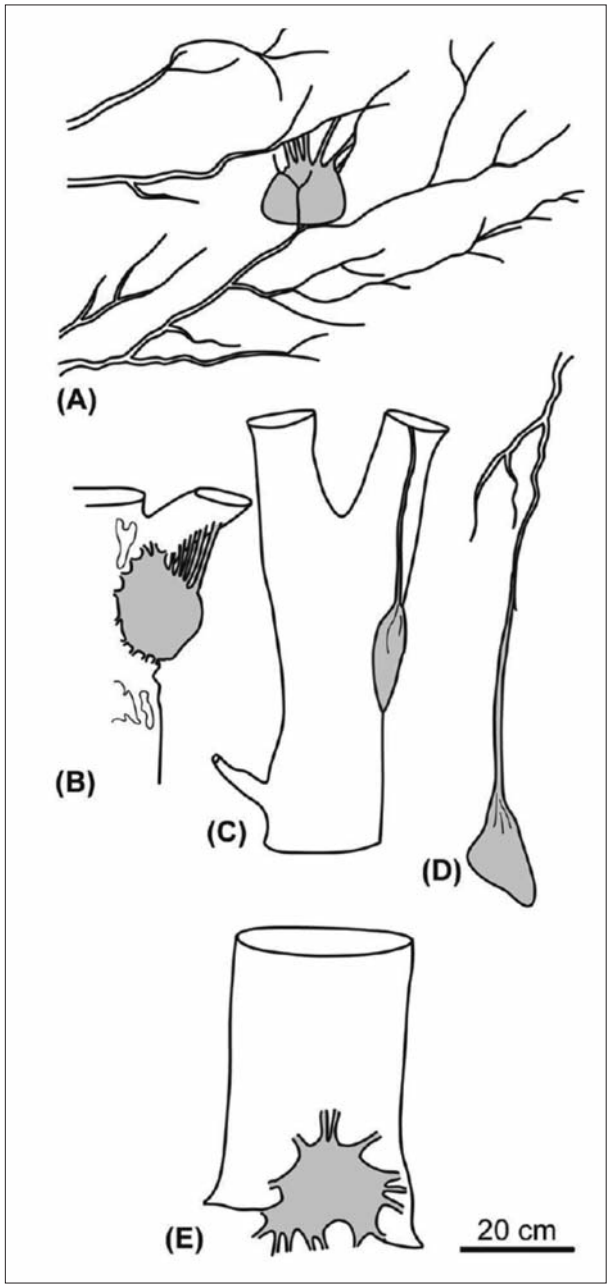


Fig. 5 – Schematic diagrams of the five nest types built by *Ochrogaster lunifer* larvae in Australia. (A) Canopy nest. (B) Trunk nest. (C) Tree-hugger nest. (D) Hanging nest. (E) Ground nest. (PERKINS *et al*., 2016).

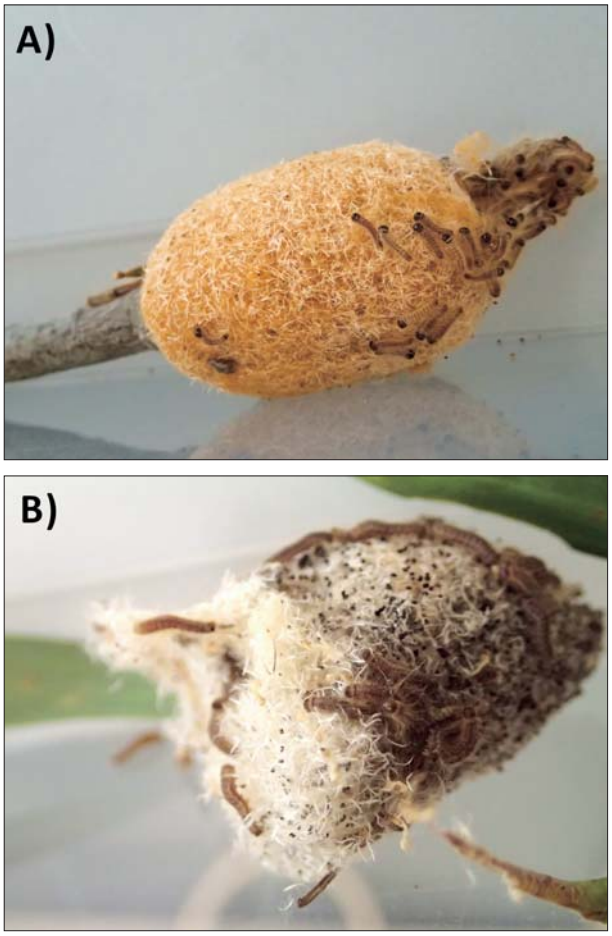


Fig. 6 – **A)** Golden above-ground nest and **B)** white ground nest *Ochrogaster lunifer* egg mass with second instar larvae crawling on the surface. Images taken by Lynda Perkins.

least two reproductively isolated species within the current concept of *O. lunifer* and is under further taxonomic review.

DAMAGE AND HEALTH IMPACTS OF *OCHROGASTER LUNIFER* ON HUMANS, ANIMALS AND PLANTS

Recently, more research efforts on *O. lunifer* arose after their role in equine amnionitis foetal loss (EAFL), a medical condition in pregnant mares which can result in miscarriage after accidental setae ingestion (CAWDELL-SMITH *et al*., 2012). What follows is based on the setae of the larvae, whereas those produced by the female moth to protect the eggs are still to be studied in detail. Urticating setae are used as a defence against natural enemies, and this defence is enhanced by living gregariously as seen in this species. Setae contain proteins which the mammalian immune system recognizes as foreign, which then results in inflammatory or immunological defence reactions of varying severities (BATTISTI *et al*., 2011). In Australia, urticaria cases in humans from *O. lunifer* have been reported in literature as early as 1911 (FROGGATT, 1911) (as *Teara contraria*). Humans and animals can be exposed to urticating setae by direct contact with larvae, by wind carrying the setae, and by ingestion of contaminated feed and water (MULLEN, 2009). Direct contact with larvae may occur when humans and animals are near infested host trees but most commonly when the larvae leave the nest permanently to search for a pupation site (PERKINS *et al*., 2016). During a study at the university campus in Australia, there were 22 cases out of 82 *O. lunifer* pre-pupation processions which came into contact

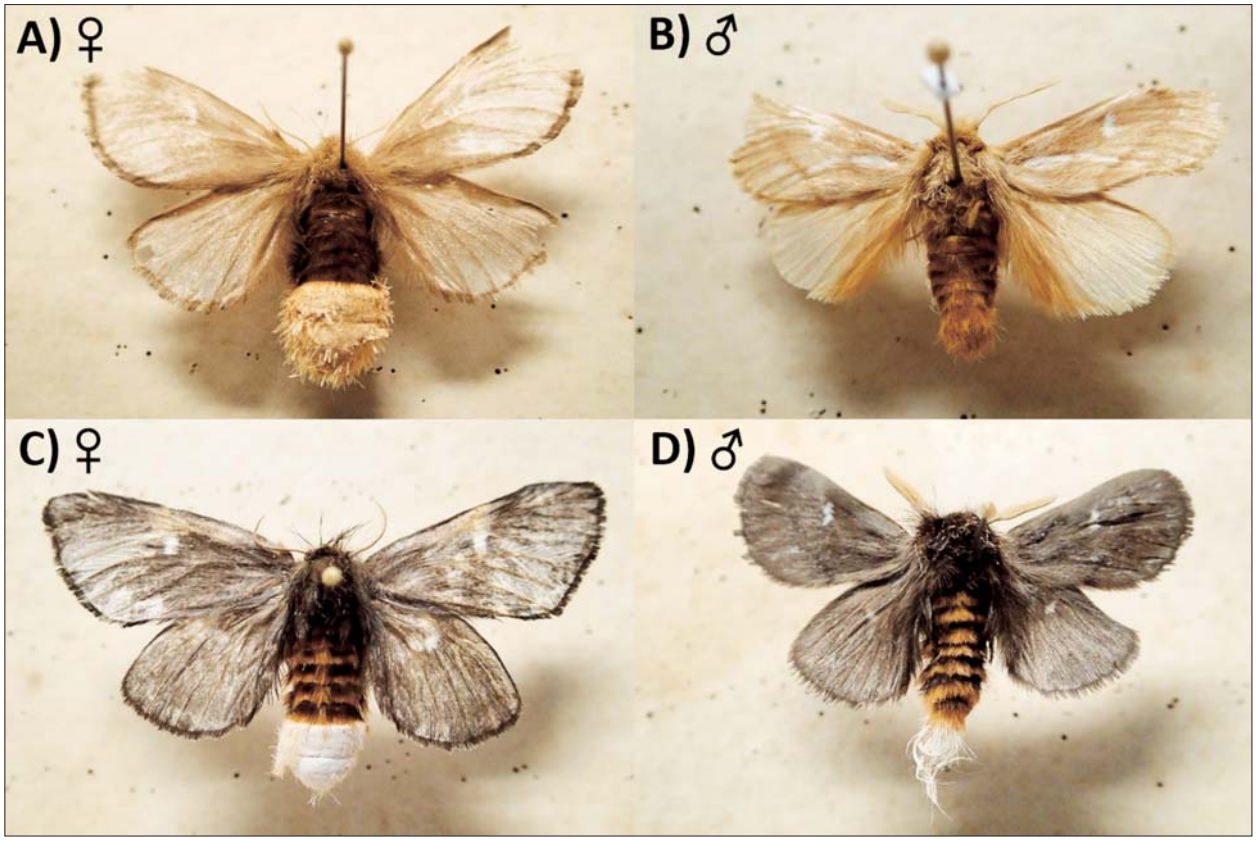


Fig. 7 – *Ochrogaster lunifer* female and male from above ground (A & B) and ground nests (C, D). There are variations of wing pattern and colouration within and between nest types and sex. Images taken by Mizuki Uemura.

with pedestrians or by vehicles (Uemura *et al*., 2020). After contact, the shoes, clothing and/or wheels may be contaminated with setae and brought back to the car, home, classroom, etc. (Uemura *et al*., 2020). Irritation and other reactions may occur even after some time, since the materials in the setae remain active and the microscopic scale of the setae can be undetected (Uemura *et al*., 2020). The health impacts and contamination are exacerbated because of the gregarious behaviour throughout all life stages, especially as larvae. Devastating impacts are not limited to humans and animals, it can also affect the host trees of *O. lunifer*, as larvae defoliate large stands of trees (Floater, 1996) which can then have an ecological and economic impact. Defoliation of trees may impact cattle and other animals which used the trees as shade to protect them from the harsh Australian sun. Complete defoliation of the host occurs most frequently at later instar stages when larvae need to feed more and when the cohort is large from merging of multiple egg masses (M. Uemura, pers. obs. 2017). The cohort of larvae move during the day to find another host and subsequently, people may encounter these processioning larvae.

Preliminary risk assessment of *Ochrogaster lunifer* introduction to Europe

Pest distribution and occurrence

Ochrogaster lunifer occur throughout Australia, with higher density around the coastlines of the country (see Fig. 1). Within the occurrence areas, populations of *O. lunifer* are found in disturbed and non-disturbed environments. These environments include university campus, home and backyard, public parks, national parks, bushlands and roadsides. *Ochrogaster lunifer* are edge species therefore, female moths restrict their oviposition on isolated trees on the outer edges of forests, road verges, etc. (van Schagen *et al*., 1992a; Floater and Zalucki, 2000). The species is only found in Australia where it is not regulated.

Entry, establishment and spread in Europe

Ochrogaster lunifer may enter Europe through cargo ships and flight vessels for international trade and tourism. The species may enter as eggs, larva, pupa or pre-pupal larva found on the host plant, in the soil or in packaging. Adults are unlikely to survive because of the short life span of a few days (Floater, 1996). Eggs of *O. lunifer* may be

undetected in the canopy or the trunk of the host plant being shipped for planting. Eggs and neonates can survive without feeding/care for one and a half months, until the larvae moult to second instar which they can feed on the host foliage. Tree-hugger nest for example, are well camouflaged on the trunk of the tree therefore, the larvae living inside the nest may go unnoticed. Pupa and pre-pupal larva may be found within bare root host trees and/or contained in the soil of host plant liners. *Ochrogaster lunifer* processions searching for pupation sites were commonly found entering in human settlement (Uemura *et al*., 2020), including buildings which contained storage for dairy products (M. Uemura, pers. obs. 2019). Larvae are also capable of crawling up vertical surfaces such as walls (M. Uemura, pers. obs., 2018). Therefore, pre-pupal larvae may end up in packaging and commodities during this pre-pupation procession period. From the life stage of pre-pupal larva onwards, *O. lunifer* do not feed and remain in diapause as a pre-pupa for three months, pupa for a month and adult for a few days (Floater, 1996).

After successful entry of *O. lunifer* into Europe, the species may establish where host plants *Acacia*, *Eucalyptus*, *Corymbia* spp. and others occur (see Floater [1996]). There may be a higher possibility of establishment if *O. lunifer* are exposed to host plants that are readily available at harbors and airports. The Mediterranean basin has a similar climate to Australia, which can be favourable for *O. lunifer* development. This species occurs throughout all Australian landscapes therefore, climate may not be a limiting factor except for cold stress. However, normal development of *O. lunifer* may be complicated by day length and opposite seasonality (in northern and southern hemispheres).

Spread of *O. lunifer* will depend on the density and location of where host trees are present. *Eucalyptus* and *Acacia* spp. are used as ornamental plants in Mediterranean Europe, commonly planted in parks, suburban and recreational areas frequented by humans and pets/animals. Therefore, once established, *O. lunifer* could spread in areas with high human population density. This will create a higher risk for humans and animals affected by various medical problems associated with the setae (see *Damage and health impacts of* Ochrogaster lunifer *on humans, animals and plants*).

Availability and limits of mitigation measures

Currently in Australia, there are no mitigation measures for *O. lunifer* populations. Australian farmers and landowners with cattle, horses and other animals have used various methods to reduce/eliminate *O. lunifer* colonies from their own property (land) by: removing host trees, cutting bag nests from trees, burning nests, removing nests and burying it underground, and pouring gasoline and/or burning egg masses (L. Perkins, pers. comm. 2017).

Many eucalypt pests have been introduced to Europe from international trading and *O. lunifer* could also be added to the list. Therefore, strict phytosanitary measures and quarantine checks should be done to mitigate the introduction of *O. lunifer* into Europe. However, with thousands of cargo ships and flights coming into Europe every day, it is unfeasible to check everything with the limited number of staff.

Ochrogaster lunifer is highly social throughout all life stages and the chance of survival decreases with fewer number of larvae. Additionally, *O. lunifer* is not an 'hitch-hiker' and will not be attracted to commodities of food or wood, nor can they disperse far in the environment. Therefore, the possibilities of *O. lunifer* introduction to Europe are limited to host plants shipped from infested places and possibly inside packaging of commodities from where *O. lunifer* nests occur nearby.

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge the facilities and scientific assistance from The University of Queensland, School of Biological Sciences (Myron Zalucki, Lynda Perkins).

FUNDING

This research was funded by the Hunter Valley Equine Research Foundation (HVERF), an Australian Research Council Linkage Project grant (LP 140100687), by the European Union's Horizon 2020 Program for Research and Innovation under grant agreement no. 771271 'HOMED' and by 'Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo PhD programme 2018'.

RIASSUNTO

L'aumento degli scambi commerciali va di pari passo con la popolazione umana e comporta una continua esposizione al rischio di introduzione di specie esotiche di parassiti delle piante, che possono talvolta presentare un rischio per la salute dell'uomo e degli animali. La coltivazione di specie esotiche di piante per uso forestale e ornamentale, come gli eucalitti e le acacie nella regione mediterranea, rappresenta un caso tipico di esposizione

al rischio di introduzione di specie esotiche. In questo lavoro viene presentato il caso del rischio di introduzione di una specie di lepidottero notodontide, *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schäffer, più noto come processionaria dell'eucalitto e dell'acacia, noto per causare danni ingenti agli alberi e alla salute pubblica in Australia. Negli anni di pullulazione le larve defogliano completamente le piante ospiti e inoltre producono, analogamente alle processionarie europee, ingenti numeri di setole urticanti che vengono disperse nell'ambiente e sono causa di rilevanti disturbi a uomini e animali allevati. La specie può essere introdotta in Europa come uovo, larva, prepupa e pupa associati a piante ospiti e relativo substrato di sviluppo, oppure come prepupa e pupa casualmente incluse in spedizioni di vario materiale. L'insediamento dipende dalla presenza di piante ospiti e dall'accuratezza dei controlli eseguiti dalle autorità specifiche. Al momento *Ochrogaster lunifer* è presente solo in Australia dove è causa di ingenti danni e disturbi. L'insediamento in Europa di molte specie di insetti legati all'eucalitto consiglia un'attenta valutazione dei rischi associati a una possibile introduzione.

Parole chiave: defogliatore, importanza medica, setole urticanti, socialità.

REFERENCES

Battisti A., Holm G., Fagrell B., Larsson S., 2011 - *Urticating Hairs in Arthropods: Their Nature and Medical Significance*. - Annu. Rev. Entomol., 56: 203–220.

Cawdell-Smith A.J., Todhunter K.H., Anderson S.T., Perkins N.R., Bryden W.L., 2012 - *Equine amnionitis and fetal loss: Mare abortion following experimental exposure to Processionary caterpillars* (Ochrogaster lunifer). - Equine Vet J., 44: 282–288.

Fitzgerald T.D., 2003 - *Role of trail pheromone in foraging and processionary behavior of pine processionary caterpillars* Thaumetopoea pityocampa. - J. Chem. Ecol., 29: 513–532.

Floater G.J., 1996 - *Life History Comparisons of Ground- and Canopy-Nesting Populations of* Ochrogaster lunifer *Herrich-Schaffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae): Evidence for Two Species?* – Aust. J. Entomol., 35: 223–230.

Floater G.J., Zalucki M.P., 1999 - *Life tables of the processionary caterpillar* Ochrogaster lunifer *Herrich-Schäffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) at local and regional scales*. - Aust. J. Entomol., 38: 330–339.

Floater G.J., Zalucki M.P., 2000 - *Habitat structure and egg distributions in the processionary caterpillar* Ochrogaster lunifer*: Lessons for conservation and pest management.* - J. Appl. Ecol., 37: 87–99.

Froggatt W., 1911 - *Bag-shelter caterpillars of the family Liparidae that are reported to kill stock*. - Agric. Gaz. NSW*.,* 22: 443-447.

Mather A., Zalucki M.P., Farrell J., Perkins L.E., Cook L.G., 2019 - *Australian processionary caterpillars,* Ochrogaster lunifer *Herrich-Schäffer (Lepidoptera: Notodontidae), comprise cryptic species*. - Austral Entomol., 58: 816-825.

Mills M., 1951 - *Bag shelter caterpillars and their habits.* - West. Aust. Nat., 3: 84-92.

Mullen G., 2009 - *Moths and Butterflies (Lepidoptera)*. In: Medical and Veterinary Entomology, Mullen G. & Durden L. Ed., Elsevier, Burlington, pp. 353-368.

Perkins L.E., Cribb B.W., Pagendam D.E., Zalucki M.P., 2019 - *Variation in morphology and airborne dispersal of the urticating apparatus of* Ochrogaster lunifer *(Lepidoptera: Notodontidae), an Australian processionary caterpillar, and implications for livestock and humans.* – J. Insect Sci., 19: 1–8.

Perkins L.E., Zalucki M.P., Perkins N.R., Cawdell-Smith A.J., Todhunter K.H., Bryden W.L., *et al*., 2016 - *The urticating setae of* Ochrogaster lunifer*, an Australian processionary caterpillar of veterinary importance*. - Med. Vet. Entomol., 30: 241–245.

Uemura M., Perkins L.E., Battisti A., Zalucki M.P., 2019 - *Egg mass structure of the processionary caterpillar* Ochrogaster lunifer *(Lepidoptera: Notodontidae): is the outer egg layer sacrificed for attack by the egg parasitoid* Anastatus fuligispina *(Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae)?* - Austral Entomol., 58: 810-815.

Uemura M., Perkins L.E., Zalucki M.P., Battisti A., 2020 - *Movement behaviour of two social urticating caterpillars in opposite hemispheres*. – Mov. Ecol., 8: X-X.

Uemura M., Perkins L.E., Zalucki M.P., Cribb B.W., 2017 - *Predator–prey interaction between greenhead ants and processionary caterpillars is mediated by chemical defence*. – Anim. Behav., 129: 213-222.

van Schagen J., Hobbs R., Majer J., 1992a - *Defoliation of trees in roadside corridors and remnant vegetation in the Western Australian wheatbelt*. - J. R. Soc. West. Aust*.,* 75: 75-81.

van Schagen, J., Majer J., Hobbs R., 1992b - *Biology of* Ochrogaster lunifer *Herrich- Schäffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), a defoliator of* Acacia acuminata *Bentham, in the Western Australian wheatbelt*. - Aust. Entomol. Mag*.,* 19: 19-24.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 151-157

EULOFIDI GALLIGENI

VINCENZO PALMERI [a] - ORLANDO CAMPOLO [a] - FRANCESCA LAUDANI [a]

[a] *Dipartimento di Agraria, Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria, Via dell'Università, 25 (già Salita Melissari) - 89124 Reggio Calabria;* e-mail: vpalmeri@unirc.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Eulophid gall wasps

Eucalyptus are the most cultivated allochthonous forest species in the Mediterranean basin and the worldwide. In recent years, many alien pests have been accidentally introduced into all areas where these trees have been planted. Among these species, eucalyptus gall wasps represented a serious phytosanitary problem. The spread of these pests and the biological control strategies adopted in different Countries of the Mediterranean basin are here reported.

KEY WORDS: *Eucalyptus*, gall wasps, alien pests, Eulophids.

LE PIANTE DEL GENERE *EUCALYPTUS*

Il genere *Eucalyptus* appartiene alla famiglia delle Myrtaceae. Descritto per la prima volta dal botanico francese Heritier nel 1788 da campioni raccolti da un naturalista che viaggiava al seguito della terza missione di James Cook nei mari del sud. L'organizzazione sistematica molto complessa (a causa della naturale ibridazione) è ancora oggi in continua revisione. Oggi il genere viene diviso in sette sottogeneri a loro volta suddivisi in sezioni, serie, sottoserie, superspecie, specie e sottospecie che annoverano come riconosciute circa 700 unità tutte originarie dell'Australia continentale e di alcune isole vicine: Tasmania, Nuova Guinea, Isole di Timor, di Flores e di Wetar, isole della Sonda (nell'arcipelago indonesiano) e isola di Mindanao (Filippine) (JACOBS, 1976).

L'areale di distribuzione originario si estende dai 7° di latitudine nord ai 43° di latitudine sud. Il regno floristico di appartenenza indicato come "Australiano" viene considerato dai selvicoltori come "popolamento vegetale isolato".

Il clima dell'areale australiano è molto vario includendo settori tropicali a nord, con clima temperato a est, desertico nelle zone centrali, subtropicali a sud e temperato mediterraneo sulla costa meridionale (CIANCIO *et al*., 1984)

Gli eucalitti sono la specie botanica che si è diffusa maggiormente al di fuori del proprio areale. Già un primo rapporto FAO (1955) stimava intorno ai 700.000 ettari le superfici con piantumazioni di eucalitto, che nel 1973, in un secondo rapporto, arrivavano a 3.700.000 ettari distribuiti in 58 differenti Paesi, Australia inclusa. Dal '73 a oggi l'incremento ha portato tale stima a più di 4.000.000 di ettari includendo una cinquantina di ulteriori Paesi in cui la diffusione è dovuta a piccoli impianti e per lo più ornamentali (CIANCIO *et al*., 1984).

Gli eucalitti vantano una lunga storia nel nostro Paese; la presenza di specie del genere *Eucalyptus* in Italia risale al 1803 ad opera di Graefer che in "Synopsis Plantarum Regii Viridarii Casertani" fa menzione di una pianta coltivata nel giardino botanico della Reggia di Caserta, da lì, e col passare degli anni, la loro introduzione fu sempre più frequente. In Campania all'inizio dell''800 nel giardino botanico affidato a Dehnhardt fu costituita la più importante collezione dell'epoca, con otto specie diverse, e fu proprio l'*Hortus Camaldulensis* a dare il nome a *Eucalyptus camaldulensis* una delle specie più diffuse in Italia e nel Mondo (AGOSTINI, 1953).

Nella metà dell'800 si affermò la credenza che gli eucalitti avessero virtù antimalariche e per tale motivo vennero realizzati degli impianti di considerevole estensione ad opera dei monaci della "Abbazia delle Tre Fontane" a Roma e nella Maremma tosco-laziale. Ciò lo si attribuiva all'idea che potessero rendere salubre l'aria e per la capacità che le piante di eucalitto avevano di prosciugare rapidamente le aree paludose, riducendo e annullando la capacità dell'anofele di moltiplicarsi. Fra il 1930 e il 1940 ebbero un largo impiego nelle grandi opere di bonifica (Arbore in Sardegna, Agro Pontino nel Lazio) e nel dopoguerra in Puglia e in Maremma. A metà del '900 furono promossi a opera della Cassa del Mezzogiorno impianti per la difesa idrogeololgica e successivamente per la

– Pubblicato marzo 2020

produzione di Eucalitteti a supporto della produzione industriale della carta. (Ciancio & Gemignani, 1979).

Nel dopoguerra l'eucalitticoltura si sviluppa in Italia e in Sicilia anche grazie all'attività del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale (Roma) fondato nel 1953 che rivolge la propria attività di ricerca principalmente all'eucalitto e al pioppo. Verso la fine del secolo si ebbe un largo impiego sia per la realizzazione di alberature lungo le linee ferrate sia per l'impiego dell'essenza per la costruzione delle stesse traversine ferroviarie; ed è per questa ragione che l'espansione dell'eucalitto è intimamente legata allo sviluppo delle ferrovie. Gli impianti di *Eucalyptus* in Italia si attestano oggi su una superfice di 50.000 ettari con una prevalente diffusione di quattro specie: *E. camaldulensis*, *E. globuus*, *E. x trabuti* ed *E. occidentalis*. A queste, allo stato di piantumazioni pilota e/o sperimentali o ancora in mescolanza, se ne sono aggiunte, negli anni, una decina includendo: *E. bicostata, E. botryoides, E. dalrympleana, E. gomphocephala, E. grandis, E. gunnii, E. leucoxylon, E. maidenii, E. rubida* ed *E. viminalis.* (Ciancio *et al.*, 1984).

Gli Entomi infeudati a *Eucalyptus* Spp. in Italia

Nei nostri ambienti, gli eucalitti ospitano un limitato numero di specie autoctone di insetti, adattatesi ai nuovi ospiti. Molte sono le entità esotiche che sono state introdotte dalla regione australe; a partire dal 1970, infatti, con l'introduzione di *Phoracantha semipunctata* Fabricius, (Tassi, 1969) ad oggi una quindicina di insetti fitofagi vivono su *Eucalyptus* la maggior parte accidentalmente introdotti dai Paesi di origine.

Tra gli insetti endemici *Polydrusus* (*Metallites*) *parallelus* Chevrolat (Coleoptera: Curculionidae) è una delle poche specie che in Sardegna, Corsica e nell'isola d'Elba si è infeudato alle piantumazioni di *Eucalyptus* (Buffa, 2015).

Tra le prime specie esotiche introdotte si segnala, anche, il Punteruolo, *Gonipterus scutellatus* complex (Arzone & Meotto, 1978), termine con il quale, si identifica un gruppo di coleotteri della famiglia dei Curculionidi, originari dell'Australia, che si alimentano su diverse specie di eucalitti. In Europa è stato segnalato nel 1976 in Italia, successivamente nel 1977 in Francia, e negli anni '90 in Portogallo e Spagna. Nel nostro Paese, tra il 1976 e il 2014 oltre alla Liguria, dove è stato segnalato per la prima volta in Europa, le regioni nelle quali è stata accertata la presenza sono: il Lazio, la Toscana, e la Sicilia, (Mazza *et. al*., 2015).

Nel 2003 è stata registrata per la prima volta nelle regioni meridionali italiane (Puglia) la congenere *Phorachanta recurva* Newman (Sama & Bocchini, 2003). Anche questa specie, introdotta accidentalmente, si è rapidamente diffusa in tutti i Paesi del bacino del Mediterraneo dove attualmente si ritrova ubiquitariamente (Cocquempot & Sama, 2003); In Italia gli stessi Sama & Bocchini (2003), hanno sottolineato come, in considerazione della capacità di espansione dimostrata dalla specie congenere *P. semipunctata*, fosse da attendersi una rapida diffusione di quest'altra specie in tutti i popolamenti italiani di *Eucalyptus*. Tra il 2006 e il 2007 la sua presenza, infatti, veniva segnalata nella Sardegna meridionale (Cillo *et al*., 2006), in Sicilia (Mazzeo & Siscaro, 2007) e nello stesso 2006 ne è stata evidenziata la coesistenza con *P. semipunctata* in Calabria da Palmeri & Campolo (2006), che hanno messo in evidenza la presenza di due esemplari di *P. recurva* raccolti nel 1992 e nel 1995 anticipando di fatto la data dell'accertata presenza della specie in Italia.

Successivamente quattro specie alloctone di Aphalaridae (Psylloidea) e una di Thaumastocoridae comuni su Myrtaceae e infestanti gli *Eucaliptu*s Spp. sono state accidentalmente introdotte in Italia. Cronologicamente le specie introdotte sono state *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell), *Ctenarytaina spatulata* Taylor, *Blastopsylla occidentalis* Taylor e *Glycaspis brimblecombei* Moore (Laudonia & Garonna, 2010). A queste si è aggiunta, la Cimicetta della Bronzatura dell'Eucalitto (Hemiptera, Thaumastocoridae) *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Laudonia & Sasso, 2012).

Importanti defogliazioni di piante di Eucalitto sono state rilevate in Sardegna a seguito di pullulazioni di *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Erebidae) tipicamente associate al genere *Quercus*, che in altri areali viene riportato come altamente polifago e associato a più di 300 ospiti tra cui gli *Eucalyptus* (Floris *et al*., 2018).

A partire dagli anni '70, nel bacino del Mediterraneo si è assistito all'introduzione accidentale degli Imenotteri galligeni (Hymenoptera: Eulophidae); in Italia il *seed gallers* Tetrastichino *Quadrastichodella nova* Girault (Bouček, 1977) è stato il primo ad essere introdotto; successivamente furono intercettati *Ophelimus maskelli* (Ashmead) (Arzone & Alma, 2000) e *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, (Bella & Lo Verde, 2002; Viggiani *et al*., 2002).

Questi fatti, in molti eucalitteti, hanno cambiato il rapporto della pianta con l'ambiente negli areali di diffusione, esterni al regno floristico di appartenenza. A esempio la presenza delle "Foracante" ha determinato la diffusione del Picchio rosso maggiore (*Dendrocopos major* L.). Gli Eucalitti nel frattempo – pur a fronte dei numerosi errori selvicolturali compiuti - sono diventati per certi versi, una importante e insostituibile risorsa nettarifera per gli apicoltori delle Regioni del meridione d'Italia, producono una qualificata massa legnosa, contribuiscono a fissare grosse quantità di carbonio.

Eulofidi galligeni dell'Eucalitto

Gli imenotteri galligeni afferiscono a sei famiglie (Agaonidae, Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae, Torymidae) incluse nella superfamiglia Chalcidoidea (La Salle, 2005). Tra le 4.200 specie di Eulofidi, incluse in 300 generi, solo due gruppi inducono galle: gli Ophelimini (tutti associati a galle) e i Tetrastichinae (che evidenziano diversi regimi trofici). Alla tribù degli Ophelimini, originaria dell'Australia, afferiscono due generi, *Ophelimus* (probabilmente il più numeroso genere di induttori di galle) e *Australcocodes* (al quale afferiscono solo poche specie) (Gauthier *et al.*, 2000). Alla sottofamiglia Tetrastichinae, afferiscono un elevato numero di specie con un ampio *host range* e biologia. Queste specie possono essere parassiti di insetti, di ragni e di nematodi galligeni. La capacità di indurre galle, è ben nota (La Salle, 2005) e le specie infeudate alle Myrtaceae (prevalentemente *Eucalypstus*) rappresentano una categoria a sé stante. Queste includono specie che afferiscono ai generi *Oncastincus*, *Epichrysocharis*, *Leprosa*, *Quadrasticodella* e *Leptocybe* (Mendel *et al*., 2004; La Salle, 2005).

Al di fuori del loro areale di distribuzione, e del regno floristico "Australiano" solo poche specie di imenotteri galligeni rappresentano un reale problema fitosanitario per gli impianti di eucalitto.

Quadrastichodella nova, la prima specie ad essere stata introdotta in Italia*,* induce la formazione di galle nelle capsule dei semi di *Eucalyptus* spp. senza apparenti danni alle piante o alle produzioni (biomassa e nettare) ad esse associati. La specie, a seguito dell'ovideposizione all'interno del bocciolo fiorale induce la formazione delle galle, originatesi dal tessuto placentare, che assomigliano ai semi contenuti nella stessa capsula (Doğanlar & Doğanlar, 2008; Klein *et al*., 2015).

Diversamente, *O. maskelli* (Ashmead) e *L. invasa* Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), nei primi anni, hanno causato danni significativi agli impianti di eucalitto (Branco *et al*., 2016). *Ophelimus maskelli* è una specie originaria dell'Australia introdotta accidentalmente nella regione mediterranea nel 1999, dove è stata erroneamente identificata come *O. eucalypti* (Arzone & Alma, 2000; Viggiani & Nicotina, 2001). Dopo la prima segnalazione italiana, l'eulofide è stato riscontrato in altre aree del Mediterraneo prevalentemente su piante di *E. camaldulensis* (Fig. 1): Spagna (Pujade-Villar & Riba-Flinch, 2004), Grecia (Kavallieratos *et al*., 2006), Francia (EPPO, 2006), Portogallo (Branco *et al*., 2006) e Tunisia (Dhahri *et al*., 2010). *Ophelimus maskelli* induce delle galle lenticolari monocamera esclusivamente sulla foglia interessando entrambe le lamine (Fig. 1a). In particolari condizioni, la superficie delle foglie infestate può essere interamente ricoperta da galle (Fig. 1b) (Branco *et al*., 2016). Forti infestazioni causano filloptosi con conseguente deperimento generale della pianta. La presenza del galligeno non è mai stata correlata a riduzione di incremento legnoso o di produzione di nettare.

Fig. 1 – Ceduo di *E. camaldulensis* infestato da *O. maslkelli*: a) lamina fogliare interamente ricoperta da galle; b) sezione di galla matura di *O. maskelli.*

La rapida diffusione di questa specie nel bacino del Mediterraneo, ha indotto diversi Enti di ricerca ad avviare programmi di controllo biologico classico su larga scala introducendo, in diversi Paesi, il parassitoide specifico *Closterocerus chamaeleon* (Girault). In Italia, *C. chamaeleon*, allevato in Israele, è stato introdotto nel meridione (Campania) e nelle isole (Mendel *et al*., 2007) (Sasso *et al.*, 2008; Caleca *et al*., 2011). A seguito del suo rilascio, è stata rilevata un'alta efficienza del parassitoide sulle popolazioni di *O. maskelli* diffondendosi, in poco tempo, anche in areali lontani dai siti di rilascio. A distanza di un anno il 60% delle galle risultava parassitato e già dopo tre anni dalla sua introduzione, *C. chamaleon* è riuscito a controllare significativamente *O. maskelli* negli impianti di *E. camaldulensis* (Mendel *et al.,* 2017). Allo stato attuale, *O. maskelli* può essere considerato un parassita secondario e occasionale di *E. camaldulensis*. Parallelamente al rilascio di *C. chamaeleon* (2006) è stata realizzata, ma senza successo, l'introduzione di un secondo parassitoide, appartenente al genere *Stethinium* (Chalcidoidea: Mymaridae) (Sasso *et al*., 2008).

Nello stesso anno (2001) in cui è stato segnalato *O. maskelli*, un secondo eulofide veniva intercettato in Campania e considerato inizialmente come una nuova specie appartenente al genere *Aprostocetus* (Viggiani *et al*., 2001), successivamente, incardinata in un nuovo genere e una nuova specie per l'Australia (*L. invasa*). La capacità degli alieni di colonizzare nuovi areali sono note da tempo ma, *L. invasa* ha manifestato un'efficacia e una velocità di diffusione non comuni. Grazie alla sua elevata plasticità ecologica, *L. invasa*, in 15 anni ha invaso i cinque continenti diffondendosi in circa 40 Paesi diventando una piaga per le piantumazioni di eucalitto nel mondo (Nugnes *et al*., 2015; Mendel *et al.*, 2004). Oltre alla sua plasticità ecologica, la diffusione dell'imenottero è stata facilitata anche dalla sua particolare modalità riproduttiva che, grazie alla simbiosi con Rickettsia, agente causale della partenogenesi, ha consentito a poche femmine di colonizzare nuovi territori in pochissimo tempo.

Leptocybe invasa, è originaria dell'Australia (Mendel *et al*., 2004) e le sue infestazioni possono causare danni significativi e perdite di produzione (Mendel *et al*., 2004; Petro *et al*., 2015; Ahmed *et al*., 2017) in diverse tipologie di impianto. Questa specie, di norma, si riproduce per partenogenesi telitoca (Mendel *et al*., 2004), anche se sono stati trovati maschi adulti in Turchia (Doğanlar, 2005) e in India (Akhtar *et al.,* 2012). Le femmine depongono in prossimità nervatura mediana, nel picciolo in via di sviluppo e nei giovani steli e germogli, inducendo una riduzione della crescita e la comparsa di vistose deformazioni (Fig. 2). A seguito dell'ovideposizione, viene indotta la formazione di galle multicamere (Fig. 2a), ognuna ospitante una larva, che assumono, con il passare del tempo una colorazione antocianica. Il danno causato dall'imenottero è probabilmente dovuto a cambiamenti nell'architettura idraulica delle foglie, in quanto è stata osservata una riduzione sia, nello sviluppo degli stomi, sia nella densità dei "vasi *s.l.*"negli alberi infestati (Tong *et al*., 2016).

Fig. 2 – Pianta di *E. camaldulensis* fortemente infestata da *L. invasa: a)* sezione di galla multicamera di *L. invasa*.

Sin dalla sua introduzione, *L. invasa* ha evidenziato un elevato potenziale biotico che gli ha consentito una rapida colonizzazione di tutto il territorio nazionale mentre, negli areali di origine la specie, limitata dalla presenza di numerosi antagonisti naturali, non raggiunge livelli di infestazioni tali da costituire alcun problema. (Kim *et al*., 2008; Nugnes *et al*., 2016; Mendel *et al*., 2017). Diverse sono le specie di nemici naturali che sono state associate alle galle indotte da *L. invasa* sia negli areali di origine, nonché nei Paesi in cui l'eulofide è stato introdotto accidentalmente: *Megastigmus* spp. (Torymidae), *Aprostocetus* sp. (Eulophidae: Tetrastichinae), *Parallelaptera* sp. (Mymaridae), e *Telenomus* sp. (Platygasteridae). La maggior parte di questi parassitoidi, ha avuto un impatto trascrurabile o non accertato nel controllare le popolazioni di *L. invasa,* mentre, altri tre imenotteri *Selitrichodes krycery* Kim & La Salle (Kim *et al*., 2008), *S. neseri* Kelly & La Salle (Kelly *et al*., 2012), e *Quadrastichus mendeli* Kim & La Salle (Kim *et al*., 2008) rilasciati in Israele e Italia nell'ambito di piani di controllo biologico sono riusciti a ridurre drasticamente le popolazioni di *L. invasa*. In Italia, sebbene due dei sucitati parassitoidi siano stati rilasciati solo in Calabria (Palmeri *et al.,* 2009), *Q. mendeli, nel 2013,* è stato riscontrato in Campania e negli anni successivi anche nelle regioni limitrofe del Centro e Sud Italia (Nugnes *et al*., 2016). In Campania, il tasso di parassitizzazione da parte di *Q. mendeli* variava dal 27,3% al 100%.

Nel 2014, Garcia *et al*., (2014) hanno segnalato, in Francia e Portogallo, la presenza di un nuovo imenottero galligeno del genere *Ophelimus* (Hymenoptera: Eulophidae), presumibilmente originario dell'Australia, le cui galle sono apparentemente simili a quelle indotte da *O. maskelli*, ma che si differenziano per forma e dimensioni. Questa specie, classificata in un secondo tempo come *O. mediterraneus* sp. n., presentando un ciclo biologico sfasato rispetto a quello del parassitoide *C. chamaeleon*, riuscirebbe ad evitarne la parassitizzazione (Garcia *et al*., 2019). *Ophelimus mediterraneus* sembrerebbe avere un differente *host range* e numero di generazioni annuali rispetto al congenerico *O. maskelli*. Quest'ultimo parassitizza prevalentemente eucalitti appartenenti alla sezione *Transversaria* completando almeno due generazioni per anno mentre *O. mediterraneus,* probabilmente monovoltino*,* induce la formazione di galle in piante afferenti alla sezione *Maidenaria* (Borowiec *et al.,* 2018).

Il rinnovato interesse per gli impianti da arboricoltura forestale produttiva da legno

Oltre alla produzione di biomassa e all'interesse apistico, l'eucalitto, negli ultimi anni, è stato oggetto di un rinnovato interesse nell'ambito degli impianti da arboricoltura forestale produttiva, nell'ottica, però, di una differente tipologia delle produzioni; sono stati realizzati, infatti, investimenti intensivi in impianti di "nuove" specie (*E. cinerea, E. gunnii, E. parvifolia, E. populus*) destinate esclusivamente alla produzione di piante ornamentali e di fronde recise. Ciò sta indirizzando via via sempre più gli agricoltori verso l'utilizzazione di quelle superfici produttive che orograficamente hanno trovato, in passato, limitata destinazione d'uso. Nel nuovo scenario produttivo, il ruolo e l'impatto degli imenotteri galligeni assume una diversa importanza in quanto anche in presenza di densità di popolazioni insignificanti dal punto di vista selvicolturale, la presenza di poche galle potrebbe costituire, in tali contesti, un grave danno estetico alle produzioni.

BIBLIOGRAFIA

Agostini R., 1953. – *Cenni storici sulla introduzione degli eucalitti in Italia*. – It. For. e Mont., 3: 117-122.

Ahmed M.Z., Hernandez Y.V., Skelley P., Rohrig E., Mckenzie C., Osborne L.S., Mannion C., 2017 – *Eucalyptus gall wasp,* Leptocybe invasa *Fisher & La Salle (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae), an emerging pest of eucalyptus in Florida*. - Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Issue No. 436.

Akhtar M., Patankar N., Gaur A., 2012 – *Observations on the biology and male of eucalyptus gall wasp* Leptocybe *invasa Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae).* - Indian J. Entomol., 74: 173-175.

Arzone A., Alma A., 2000 – *Eulofide galligeno dell'Eucalipto in Italia*. – Inf. Fitopatol., 50: 43-46.

Arzone A., Meotto F., 1978 – *Reperti biologici su* Gonipterus scutellatus *Gyll. (Col. Curculionidae) infestante gli Eucalipti della Riviera ligure*. - Redia, 61: 205-222.

Bella S., Lo Verde G., 2002 - *Presenza nell'Italia continentale e in Sicilia di* Ophelimus prope eucalypti *(Gahan) e* Aprostocetus *sp., galligeni degli eucalipti (Hymenoptera Eulophidae).* - Naturalista siciliano, 26: 191-197.

Borowiec N., La Salle J., Brancaccio L., Thaon M., Warot S., Branco M. *et al.,* 2019 - Ophelimus mediterraneus *sp. n. (Hymenoptera, Eulophidae): a new Eucalyptus gall wasp in the Mediterranean region.* - Bull. Entomol. Res., 109(5): 678-694.

Bouček Z., 1977 - *Descriptions of* Tachinobia *gen. n. and three new species of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae), with a tentative key to genera.* - Bull. Entomol. Res., 67(1): 17-30.

Branco M., Battisti A., Mendel Z., 2016 – *Foliage Feeding Invasive Insects: Defoliators and Gall Makers*. In: Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems, Paine T.D. & Lieutier F. Ed., Springer International Publishing, Switzerland, pp. 211-238.

Branco M., Franco J., Valente C., Mendel Z., 2006 – *Survey of Eucalyptus gall wasps in Portugal*. - Bol. San. Veg. Plagas, 32: 199-202.

Buffa F., 2015 – *Problematiche entomologiche dell'eucalipto in Sardegna e monitoraggio del fitofago di nuova introduzione Psilla lerp (*Glycaspis brimble-

combei*)*. PhD thesis, Department of Agriculture, University of Sassari, Sassari, Italy, pp. 78.

Caleca V., Lo Verde G., Rizzo M.C., Rizzo R., 2011 – *Dispersal rate and parasitism by* Closterocerus chamaeleon *(Girault) after its release in Sicily to control* Ophelimus maskelli *(Ashmead) (Hymenoptera, Eulophidae*). – Biol. Control, 57: 66-73.

Ciancio O., Gemignani G., 1979. – *Gli Eucaliitti in Italia*. – Agricoltura e Ricerca, II(3): 38-45.

Ciancio O., Mercurio R., Nocentini S. 1984 – *Le Specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*. – Anali dell'istituto Sperimentale per la Selvicoltura, vol. XII e XIII, 731 pp.

Cillo D., Leo P., Sechi D., 2006 - *Segnalazioni Faunistiche Italiane. 449*. Phoracantha recurva *Newman, 1840 (Coleoptera Cerambycidae)*. – Boll. Soc. entomol. Ital., 138(1): 77-78.

Cocquempot C., Sama G., 2003 — *L'expansion circuméditerranéenne de* Phoracantha recurva *Newman, 1840*. - Entomologiste, 59 (5-6): 209-214.

Dhahri S., Ben Jamaa M., Lo Verde G., 2010 – *First record of Leptocybe invasa and* Ophelimus maskelli *eucalyptus gall wasps in Tunisia*. – Tunis. J. Plant Prot., 5: 229-234.

Doğanlar O., 2005 – *Occurrence of* Leptocybe invasa *Fisher & La Salle, 2004 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) on* Eucalyptus camaldulensis *in Turkey, with description of the male sex*. - Zool. Middle East, 35: 112-114.

Doğanlar O., Doğanlar, M., 2008 - *First record of the eucalyptus seed gall wasp,* Quadrastichodella nova *Girault, 1922,(Eulophidae: Tetrastichinae) from Turkey* - Turkish J. Zoology, 32(4): 457-459.

EPPO, 2006 – *First report of two new eucalyptus pests in the South of France:* Ophelimus maskelli *and* Leptocybe invasa*.* - EPPO Rep. Serv. 2006:189.

Floris I., Cocco A., Buffa F., Mannu R., Satta A., 2018 - *Insect pests of Eucalyptus plantations in Sardinia (Italy).* - Redia, 101: 61-71.

Garcia A., Gonçalves H., Borowiec N., Franco J. C., Branco M. 2019 - Ophelimus *sp., a new invasive gall wasp of* Eucalyptus globulus *in Europe, escapes the parasitism by* Closterocerus chamaeleon *due to an asynchronous life cycle*. – Biol. control, 131: 1-7.

Garcia A., Matos S., Borowiec N., Branco M., 2014 - *A new gall wasp* Ophelimus *sp. affecting* Eucalyptus globulus *in Southwestern Europe*. Xth European Congress of Entomology, York, United Kingdom.

Gauthier N., Lasalle J., Quicke, D.L., Godfray, H.C.J., 2000 - *Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids*. - Systematic Entomology, 25(4): 521-539.

Jacobs M. R., 1976 – *Eucaliptus for planting*. (FAO Report) N0. FO: Misc. 76/10 Ed. 1, 398 pp.

Kavallieratos N., Kontodimas D., Anagnou-Veroniki M., Emmanouel N.G., 2006 – *First record of the gall inducing insect* Ophelimus eucalypti *(Gahan) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) in Greece.* - Ann. Benaki Phytopatol. Inst., 20: 125-128.

Kelly J., La Salle J., Harney M., Dittrich-Schröder G., Hurley B.P., 2012 – Selitrichodes neseri *n. sp, a new parasitoid of the Eucalyptus gall wasp* Leptocybe invasa *Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae)*. - Zootaxa, 3333: 50-57.

Kim I.K., Mendel Z., Protasov A., Blumberg D., La Salle J., 2008 - *Taxonomy, biology, and efficacy of two Australian parasitoids of the eucalyptus gall wasp,* Leptocybe invasa *Fisher & La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae).* - Zootaxa, 1910(1): 1-20.

Klein H., Hoffmann J.H., Neser S., Dittrich-Schröder G. 2015 - *Evidence that* Quadrastichodella nova *(Hymenoptera: Eulophidae) is the only gall inducer among four hymenopteran species associated with seed capsules of* Eucalyptus camaldulensis *(Myrtaceae) in South Africa.* - African Entomology, 23(1): 207-223.

La Salle J., 2005 - *Biology of gall inducers and evolution of gall induction in Chalcidoidea (Hymenoptera: Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae, Torymidae)*. In: Raman, A; Schaefer, CW; Withers, TM, editor/s. Biology, ecology, and evolution of gall-indusing arthropds. Enfield, New Hampshire, USA: Science Publishers, Inc. 507-537.

Laudonia S., Garonna A.P., 2010 – *The red gum lerp psyllid,* Glycaspis brimblecombei*, a new exotic pest of* Eucalyptus camaldulensis *in Italy*. – Bull. Insectology, 63: 233-236.

Laudonia S., Sasso R., 2012 – *The bronze bug* Thaumastocoris peregrinus*: a new insect recorded in Italy, damaging to Eucalyptus trees*. – Bull. Insectology, 65: 89-93.

Mazza G., Inghilesi A.F., Tricarico E., Montagna M., Longo S., Roversi P.F., 2015 - *First report of* Gonipterus scutellatus *complex (Coleoptera Curculionidae) in Sicily (Italy)*. – Redia, 98: 149-150.

Mazzeo G., Siscaro G., 2007 — *Presenza di* Phoracantha recurva *su eucalipto in Sicilia*. - Inf. fitopatol., 3: 35-37.

Mendel Z., Protasov A., Blumberg D., Brand D., Saphir N., Madar Z., La Salle J. 2007 – *Release and recovery of parasitoids of the Eucalyptus gall wasp* Ophelimus maskelli *in Israel*. - Phytoparasitica, 35: 330-332.

Mendel Z., Protasov A., Fisher N., La Salle J., 2004 – *Taxonomy and biology of* Leptocybe invasa *gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on Eucalyptus.* - Aust. Entomol., 43: 101-113.

Mendel Z., Protasov A., La Salle J., Blumberg D., Brand D., Branco M., 2017 – *Classical biological control of two Eucalyptus gall wasps; main outcome and conclusions.* – Biol. Control, 105: 66-78.

Nugnes F., Gebiola M., Monti M.M., Gualtieri L., Giorgini M., Wang J., Bernardo U., 2015 – *Genetic diversity of the invasive gall wasp* Leptocybe invasa *(Hymenoptera: Eulophidae) and of its Rickettsia endosymbiont, and associated sex-ratio differences*. - PLoS ONE, 10(5): e0124660.

Palmeri V., Campolo O., 2006 — *Sulla presenza di* Phoracantha recurva *Newman e* Phoracantha semipunctata *F. (Coleoptera Cerambycidae) in Calabria.* - Boll. Zool. agraria Bachicoltura, 38(3): 251-254.

Palmeri V., Campolo O., Algeri G.M., Grande S.B., Chiera E. 2009 - *Sulla introduzione in Italia degli imenotteri Eulofidi* Quadrastichus mendeli *e* Selitrichodes kryceri*, parassitoidi di* Leptocybe invasa *in Italia*. - Proceedings XXII CNIE, Ancona, Italia.

Petro R., Madoffe S.S., Iddi S., 2015 – *Infestation density of Eucalyptus gall wasp,* Leptocybe invasa *Fisher and La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) on five commercially grown Eucalyptus species in Tanzania.* - J. Sust. Forest, 33: 276-297.

Pujade-Villar J., Riba-Flinch J., 2004 – *Dos especies australianas de eulófidos, muy dañinas para* Eucalyptus *spp., introducidas en el Nordeste ibérico (Hymenoptera: Eulophidae)*. - Bol. Soc. Entomol. Aragon., 35: 299-301.

Sama G., Bocchini R., 2003 — *Segnalazioni faunistiche.* Phoracantha recurva *Newman, 1840 (In secta Coleoptera Cerambycidae), prima segnalazione per la fauna italiana*. - Quad. Studi Notizie Stor. Nat. Romagna, Cesena, 18:168.

Sasso R., Laudonia S., Viggiani G., 2008 – *Dati preliminari per il controllo biologico di* Ophelimus maskelli *(Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) in Campania a seguito dell'introduzione del suo antagonista* Closterocerus chamaeleon *(Girault) (Hymenoptera: Eulophidae)*. - Boll. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri, 62: 51-55.

Tassi F., 1969 — *Un Longicorne australiano per la prima volta in Italia*. - Boll. Ass. romana Entomol., 24: 69-71.

Tong Y.G., Ding X.X., Zhang K.C., Yang X., Huang W., 2016 – *Effect of the gall wasp* Leptocybe invasa *on hydraulic architecture in* Eucalyptus camaldulensis *plants*. - Front. Plant. Sci., 7: 130.

Viggiani G., Laudonia S., Bernardo U., 2001 – *Aumentano gli insetti dannosi agli eucalipti*. - Inf. Agr, 58(12): 86-87.

Viggiani G., Nicotina M., 2001 – *L'Eulofide galligeno fogliare degli eucalipti* Ophelimus eucalypti *(Gahan) (Hymenoptera: Eulophidae) in Campania*. - Boll. Zool. agraria Bachicoltura, 33(1):79-82.

Viggiani, G., Laudonia, S., Bernardo U., 2002 - *Aumentano gli insetti dannosi agli eucalipti*. -Inform. Agr., 12: 86-87.

158 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 159-163

INSETTI XILOFAGI DELL'EUCALIPTO E LORO ANTAGONISTI NATURALI

GAETANO SISCARO [a] - GAETANA MAZZEO [a] - SANTI LONGO [a]

[a] *Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A), Università di Catania;* e-mail: gsiscaro@unict.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Wood borer pests of eucalyptus and their natural enemies

Updates on diffusion and impact of the main eucalyptus wood borers are provided, with particular emphasis toward *Phoracantha semipunctata* e *P. recurva* (Coleoptera: Cerambycidae) and their natural enemies. Insights are also given about the egg parasitoid *Oobius (=Avetianella) longoi*.

KEY WORDS: Eucalyptus, wood borers, Cerambycidae, *Phoracantha* spp., natural enemies, egg parasitoids.

INSETTI XILOFAGI DELL'EUCALIPTO

Gli insetti fitofagi dell'eucalipto afferiscono a diverse categorie sistematiche ed ecologico-funzionali. Specie strettamente xilofaghe, afferenti principalmente all'ordine dei Coleotteri, sono considerate quelle che infestano piante vive, o comunque apparentemente vive e *in situ*; dovrebbero quindi escludersi, quelle che vivono sul legno in opera e su legname. Vengono in genere escluse le termiti poiché, sebbene vivano sia su piante sane che su piante morte, non è sempre possibile dalla letteratura desumere esattamente il loro ruolo trofico (MANSFIELD, 2016). Nel mondo sono più di 40 le specie australiane di insetti associate con il genere *Eucalyptus* e che si trovano almeno in un paese oltre l'Australia (MANSFIELD, 2016).

Gli insetti che hanno colonizzato l'eucalipto in altre aree del mondo dove la pianta è stata introdotta, non mostrano una diffusione uniforme e alcune specie si sono insediate stabilmente soltanto in limitati territori. Si ritiene che il trasferimento di insetti australiani su eucalipto nel mondo si sia verificato in due fasi: inizialmente associato ai movimenti di uomini e di merci nell'Impero Britannico e successivamente associato a quelli più intensi e ampi a partire dalla seconda metà del XX secolo. Nei paesi dove l'eucalipto è stato diffuso, le specie native di insetti che si sono adattate a tale ospite sono numerose; per esempio, solo per il Brasile sono state segnalate ben 224 specie indigene, il 10% delle quali ritenute nocive. Per quanto riguarda gli xilofagi, sempre in questo paese, sono stati riscontrati su eucalipto alcuni scolitidi e platipodidi (PAINE *et al.*, 2011).

Se si considerano, invece, le specie esotiche introdotte in Australia, infeudate all'eucalipto, il numero è limitato; infatti, tra gli xilofagi, si annoverano soltanto gli scolitini *Xyleborinus saxeseni* (Ratzeburg) e *Hypothenemus birmanus* (Eichhoff) nonché il platipodide *Platypus parallelus* (Fabricius), specie considerate di scarsa importanza. Ciò può essere ricondotto sia alla forte esclusione competitiva da parte di insetti nativi, sia alla mancanza di preesistenti adattamenti a nutrirsi di eucalipti, nonché alle stringenti procedure di quarantena australiane che limitano il numero di introduzioni (PAINE *et al.*, 2011).

In generale, per gli eucalipti australiani, un pericolo può essere rappresentato dalle specie polifaghe, *Chilecomadia valvidiana* (Philippi) e *Coryphodema tristis* Drury che, nelle loro aree di origine del Sud Africa, sono state già ritrovate a carico di eucalipti, probabilmente favorite dalla presenza di piante sottoposte a forti stress in aree a ridotta presenza di antagonisti naturali. Altro potenziale pericolo può scaturire anche da *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) che, sebbene non sia stata ancora segnalata su eucalipto, è in grado di infestare numerose specie legnose. Infine, i rischi più alti di introduzione di insetti esotici in Australia provengono dagli scambi commerciali dai paesi vicini (Sud e Sud-Est asiatico, Papua Nuova Guinea). Tra le 10 specie di temuta introduzione, sono inclusi i coleotteri buprestidi *Agrilus opulentus* Kerremans e *Agrilus sexsignatus* (Fisher), i cerambicidi *Celosterna scabrator* Fabricius e *Oxymagis horni* (Heller) nonché il cosside *Zeuzera coffeae* Nietner (PAINE *et al.*, 2011).

CERAMBICIDI DELL'EUCALIPTO

Nell'ambito degli insetti xilofagi infeudati all'eucalipto, i coleotteri cerambicidi occupano un ruolo di assoluto

– Pubblicato marzo 2020

rilievo, sia nelle aree d'origine che in quelle di introduzione della pianta.

La famiglia Cerambycidae, comunemente nota come *longicorns*, *longhorns*, *longicorn beetles*, è ritenuta tra le più biodiverse ed economicamente importanti dei coleotteri. Il numero di specie descritte nel mondo è di oltre 36.300 raggruppate in più di 5.300 generi, ampiamente distribuiti in tutto il mondo, fino a 4.200 m s.l.m.m., ovunque siano presenti le loro piante ospiti (Monné *et al.*, 2017).

Gli adulti, la cui lunghezza può variare da meno di 2 mm (in *Cyrtinus pygmaeus* (Haldeman)) a oltre 170 mm in *Titanus giganteus* (L.) (Monné *et al.*, 2017) hanno, in genere, attività crepuscolare, possono o meno avere bisogno di nutrirsi ed emettono feromoni sessuali e di aggregazione. Molte larve si alimentano di vegetali morti e svolgono un ruolo importante nel riciclo delle piante morte in ambienti naturali; altri attaccano sia piante sottoposte a stress ambientali, sia apparentemente in buone condizioni vegetative.

Ad oggi, sono circa 200 le specie di cerambicidi in tutto il mondo che hanno un impatto economico in agricoltura, silvicoltura e orticoltura, causando miliardi di dollari di danni, disastri ambientali e aumento dei costi di gestione. Possono danneggiare le piante mediante l'alimentazione diretta e/o la trasmissione di fitopatie (Monné *et al.*, 2017).

La sottofamiglia Cerambycinae è la più vasta e importante, con oltre 11.200 specie in 1750 generi, 22 dei quali afferiscono alla tribù Phoracanthini Newman, che include specie di origine australiana (Monné *et al.*, 2017). Sia gli adulti che le larve sono quasi esclusivamente fitofagi con diverse tipologie di trofismo, che vanno dalla monofagia alla polifagia su piante vive e sane, su legno umido, su piante morte e su legno secco. Le larve sono in grado di digerire i tessuti legnosi con l'aiuto di enzimi che ottengono da batteri, funghi e protozoi simbionti o che esse stesse secernono (Haack, 2017). Essenzialmente fitofaghe, esse, tuttavia, manifestano fenomeni di predazione inter e intraspecifica quando competono per lo stesso substrato. Gli adulti possono alimentarsi di fiori, corteccia, fogliame, coni, linfa, frutta, radici e funghi oltre che di polline e nettare.

Il genere *Phoracantha* Newman comprende circa 40 specie, principalmente di origine australiana, associate soprattutto agli eucalipti e secondariamente ad acacie. In base alla tipologia di piante attaccate e alla loro diversa capacità trofica (Wang, 1995), si possono distinguere le specie che si nutrono su alberi morti (o morenti), come *P. semipunctata* (F.)*, P. recurva* Newman*, P. tricuspis* Newman *e P. punctata* (Donovan) e quelle che, invece, attaccano alberi in buone condizioni vegetative come *P. mastersi* (Pascoe), *P. acanthocera* (Macleay), *P. frenchi* (Macleay), *P. impavida* Newman, *P. synonyma* Newman*, P. solida* (Blackburn) e *P. odewahni* Pascoe.

Le specie che assumono più ampio interesse fitosanitario, in aree di nuova introduzione, sono *P. recurva* e *P. semipunctata* afferenti entrambe al primo gruppo.

Phoracantha recurva è originaria dell'Australia e della Papua Nuova Guinea ed è considerata la specie di *Phoracantha* più comune in Australia. Questa specie è stata accidentalmente introdotta in diversi continenti, compresi Africa (Libia, Malawi, Marocco, Sud Africa, Tunisia e Zambia), Asia (Israele e Turchia), Europa (Cipro, Francia, Grecia, Italia, Malta, Portogallo e Spagna), Nord America (Stati Uniti) e Sud America (Argentina, Brasile, Cile e Uruguay) (EPPO, 2019). Le segnalazioni della specie in Nuova Zelanda, derivate da un'errata identificazione, sono da considerare non valide (Wang, 2017).

Le sue larve si sviluppano preferibilmente su varie specie di eucalipto, sebbene in Sud Africa sia stata occasionalmente segnalata anche su alcuni altri generi (*Angophora*, *Cupressus*, *Syncarpia*) (Wang, 2017).

In Australia e in California svolge una generazione completa e una parziale all'anno. In Italia, in eucalipteti siciliani è stato osservato un comportamento simile (Mazzeo e Siscaro, 2007; Suma *et al.*, 2018). Come la congenere *P. semipunctata*, questa specie è stata segnalata in Italia per la prima volta in Sardegna (nel 2006) anche se si ritiene fosse presente in Calabria dal 1992 e in Sicilia dal 2005 (Romano, 2007).

Phoracantha semipunctata è una delle specie di cerambicidi più comuni in Australia dove, solitamente, attacca pesantemente piante del genere *Eucalyptus* morte, morenti o malate. A causa dei gravi danni alle piantagioni di eucalipto fuori dall'Australia, la specie è stata ben studiata biologicamente.

Originaria dell'Australia e della Papua Nuova Guinea, è stata diffusa, con il commercio di legnami, in diversi continenti, quali Africa (Algeria, Egitto, Lesotho, Libia, Malawi, Mauritius, Marocco, Mozambico, Sudafrica, Swaziland, Tunisia, Zambia e Zimbabwe), Asia (Israele, Libano e Turchia), Europa (Cipro, Francia, Italia, Malta, Portogallo e Spagna), Nord America (Messico, Stati Uniti), Sud America (Argentina, Bolivia, Brasile, Cile, Perù e Uruguay) e Oceania (Nuova Zelanda) (EPPO, 2019).

Nelle aree di origine svolge fino a 2 generazioni per anno ma riesce a svolgerne 3 nelle zone a clima tropicale. In Australia, è considerato un fitofago minore che infesta piante stressate, morte di recente o tagliate, mentre in molti paesi in cui la specie è stata accidentalmente introdotta è diventata un fitofago di rilievo, con conseguente mortalità diffusa di eucalipti ornamentali e di piantagioni. Nel bacino del Mediterraneo è stata individuata intorno agli anni '40-50, inizialmente in

Israele ed Egitto. In Italia, il cerambicide è stato segnalato per la prima volta in Sardegna nel 1969; successivamente è stato riscontrato in Sicilia (1975) e nelle regioni meridionali, fino a raggiungere anche alcune regioni centrali (Romano, 2007; Mazzeo e Siscaro, 2007; Floris *et al.*, 2018; Suma *et al.*, 2018).

In molte aree in cui sono state introdotte le due specie, *P. recurva* tende a prevalere su *P. semipunctata*; in California è stato accertato che *P. recurva* ha quasi completamente sostituito la congenere (Wang, 2017) e lo stesso sembra verificarsi anche in Italia (Mazzeo e Siscaro, 2007; Floris *et al.*, 2018). I fattori che possono spiegare questo tipo di interazione tra le due popolazioni sono diversi; tra questi, la maggiore longevità degli adulti di *P. recurva*, unitamente ad una più rapida maturazione delle sue uova che, in genere, vengono in primavera deposte dalle femmine più precocemente (già a partire da febbraio in California) rispetto a *P. semipunctata* (Luthring *et al.*, 2000; 2004). Come diretta conseguenza, le larve di *P. recurva* si sviluppano prima e possono competere più efficacemente con quelle della congenere nell'acquisizione del substrato. Altro fattore si ritiene sia la minore accettabilità delle uova di *P. recurva* da parte del parassitoide oofago *Oobius (=Avetianella) longoi* (Siscaro) (Hymenoptera, Encyrtidae), considerato il principale agente biotico di mortalità di questi cerambicidi, sia nelle aree di origine che in quelle di nuova diffusione (Luthring *et al.*, 2000; 2014; Paine, 2017).

Antagonisti naturali di *Phoracantha* spp.

Sono scarse le informazioni relative ai predatori dei due cerambicidi; in Portogallo è stata osservata una certa attività predatoria sulle uova da parte di formiche, quali *Linepithema humile* (Mayr) e *Pheidole pallidula* (Nylander), ma il loro effettivo ruolo nel contenimento dello xilofago resta da definire (Way *et al.*, 1992). In Italia sono stati saltuariamente osservati vari predatori, quali forme giovanili di un Araneide Eusparasside del genere *Micrommata* e alcuni tisanotteri e rincoti eterotteri, la cui attività oofaga è risultata, nel complesso, di trascurabile entità (Longo *et al.*, 1993).

La biocenosi parassitaria associata a *Phoracantha* è stata ben caratterizzata in Australia, dove sono state individuate 19 specie di parassitoidi primari, secondari, obbligati e facoltativi associati a *P. semipunctata*. Sono riportati sia parassitoidi primari larvali e pupali afferenti alle famiglie Braconidae, Ichneumonidae e Megalyridae, sia iperparassitoidi larvali afferenti agli Eurytomidae e Pteromalidae (Austin *et al.*, 1994; 1997; Austin e Dangerfield, 1997; Fraval e Haddan, 1988; Paine, 2017). Tra questi parassitoidi, in una prima fase, sono stati segnalati come candidati per un programma di controllo biologico classico nelle aree di nuova colonizzazione dei due xilofagi, i due imenotteri braconidi *Jarra phoracantha* Austin and Marsh e *Syngaster lepidus* Brulle, entrambi ectoparassitoidi larvali idiobionti (il primo gregario e il secondo solitario) e l'encirtide oofago *O. longoi* (Paine, 2017). Le femmine dei due braconidi individuano le larve ospiti sotto la corteccia, probabilmente usando una combinazione di segnali vibrazionali di superficie e segnali chimici percepiti quando l'ospite viene punto, e depongono uova maschili sulle larve giovani e uova femminili sulle larve mature (Paine, 2017). Tra le altre specie ritenute efficaci per l'impiego in programmi di lotta biologia classica vi è anche il braconide ectoparassitoide solitario *Callibracon limbatus* (Brullé) che, insieme a *S. lepidus*, è considerato tra i parassitoidi dominanti delle specie *Phoracantha* nell'Australia sud-orientale (Austin *et al.*, 1994; Hanks *et al.*, 2001).

Tra i parassitoidi oofagi, risulta come detto di primario interesse l'encirtide *O. longoi*, sia in Australia che nelle aree di introduzione di *Phoracantha* spp.. Segnalato a carico di *P. semipunctata* per la prima volta in Italia (Siscaro, 1992), è un endoparassitoide idiobionte gregario (Longo *et al.*, 1993; Hanks *et al.*, 1995;).

Il parassitoide, ritenuto di origine australiana, per molto tempo è sfuggito ai rilievi effettuati in quell'area geografica dove è stato segnalato a partire dagli anni '90 (Austin *et al.*, 1994). In Italia, dove la sua presenza è stata documentata in Sicilia e Calabria (Siscaro, 1992), l'encirtide risulta il principale fattore di mortalità del cerambicide, con una rilevante capacità di localizzazione delle ovature (superiore al 90%) e di parassitizzazione delle stesse (con picchi variabili dall'80,53 al 99,36%) (Longo *et al.*, 1993). Ulteriori indagini, condotte in alcune località siciliane, hanno evidenziato che il fenomeno del superparassitismo è frequente in questo parassitoide sia in laboratorio che in campo (Longo *et al.*, 1993; Siscaro, dati non pubblicati). L'uovo, grazie alla sua conformazione peduncolata e alla presenza di una piastra aeroscopica, una volta deposto lascia una porzione di ancoraggio all'esterno (*peduncolo*) dell'uovo dell'ospite, che può essere rilevato mediante osservazione microscopica. Dall'analisi di questo parametro, è stato possibile quantificare fino ad un massimo di 8 uova deposte dal parassitoide per singolo uovo del cerambicide, dalle quali tuttavia si ottengono fino ad un massimo di 4 individui (Longo *et al.*, 1993). Allo sfarfallamento la femmina (sinovigenica) presenta fino ad oltre 20 uova ovariche mature e il numero di uova complessivamente deposte e il numero di adulti sfarfallati del parassitoide è positivamente correlato al numero di uova per ovatura di *P. semipunctata* (Siscaro, dati non pubblicati). Resta da investigare se tale comportamento si debba interpretare come fenomeno adattativo vantaggioso in casi di

risorse limitate; questa strategia riproduttiva infatti potrebbe contribuire a spiegare l'elevata resilienza ecologica del parassitoide.

Dalle osservazioni condotte in Italia (Longo *et al.*, 1993) e in altri Paesi in cui l'encirtide è stato introdotto (California) (Hanks *et al.*, 1995), emerge che l'efficacia del parassitoide è correlata al ciclo biologico sensibilmente più breve rispetto al suo ospite, alla sopravvivenza degli adulti relativamente lunga (circa 1 mese) associata a una fertilità di circa 200 uova; l'impatto parassitario risulta altresì amplificato da un certa quota di *host feeding* e dalla possibilità di parassitizzare uova a vario grado di sviluppo (fino a 4 giorni dalla loro deposizione) (Hanks *et al.*, 1995).

Da primi studi condotti al fine di valutare la capacità di parassitizzazione da parte di *O. longoi* a carico delle uova dei due cerambicidi (Luhring *et al.*, 2000; 2004), si è osservata una marcata preferenza di *O. longoi* a svilupparsi solo a carico di *P. semipunctata*; inoltre, la sopravvivenza dei parassitoidi sfarfallati risultava significativamente più bassa nelle uova di *P. recurva*, per tutte le classi di età, rispetto alle uova di *P. semipunctata*. Nel caso in cui il parassitoide era messo in condizione di poter di scegliere tra i due ospiti (*choice-test*), il tasso di ovideposizione era significativamente più alto nelle uova di *P. semipunctata*, indipendentemente dall'età dell'uovo ospite. Anche la sopravvivenza degli adulti del parassitoide sfarfallati da uova di *P. semipunctata* risultava più alta**.** In tutti gli esperimenti, comunque, l'encirtide solo in qualche caso si è sviluppato a carico di *P. recurva*, a causa di fenomeni di "egg-encapsulation" mentre si è sempre sviluppato con successo su uova di *P. semipunctata* (Luhring *et al.*, 2000; 2004).

Studi condotti più di recente in eucalipteti australiani (Wang *et al.*, 2008) hanno evidenziato la coesistenza di due diversi ceppi di *O. longoi*, identificati sia su base morfologica che genetica (Umeda e Paine, 2015). Un primo ceppo, denominato "S-strain", è in grado di riprodursi a carico di uova di *P. semipunctata*, mentre un secondo, denominato "R-strain", si riproduce efficacemente su *P. recurva.* L'impatto di quest'ultimo sulla popolazione dell'ospite è in corso di valutazione, ma si ritiene che questo nuovo ceppo potrebbe rappresentare un importante agente di controllo biologico di *P. recurva* anche in altre nuove aree di colonizzazione. Sulla base di questi elementi sarebbe interessante poter verificare l'eventuale presenza anche in Italia di questo ceppo "R" e poterne valutare l'impatto sull'andamento delle infestazioni nei nostri eucalipti.

BIBLIOGRAFIA

Austin A.D., Quick D.L.J., Marsh P.M., 1994 - *The hymenopterous parasitoids of eucalypt longicorn beetles,* Phoracantha *spp. (Coleoptera: Cerambycidae) in Australia*. - Bull. Entomol. Res., 84: 145-174.

Austin A.D., Dangerfield P.C., 1997 - *A new species of* Jarra *Marsh and Austin (Hymenoptera: Braconidae) with comments on other parasitoids associated with the eucalypt longicorn* Phoracantha semipunctata *(F.) (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Aust. J. Ent., 36: 327-331.

EPPO, 2019 – EPPO Global Database (available online). https://gd.eppo.int

Fraval A., Haddan M., 1988 - Platystasius transversus *[Hym.: Platygasteridae] parasitoïde oophage de* Phoracantha semipunctata *[Col.: Cerambycidae], au Maroc*. – Entomophaga, 33: 381-382.

Floris I., Cocco A., Buffa F., Mannu R., Satta A., 2018 - *Insect pests of eucalyptus plantations in Sardinia (Italy)*. - Redia, 101: 61-71. http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-101.18.09

Haack R. A., 2017 - *Cerambycid pests in forests and urban trees*. In: Wang, Q. (Ed.) Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

Hanks L.M., Gould J.R., Paine T.D., Millar J.G., Wang Q., 1995 - *Biology and host relations of* Avetianella longoi *(Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of the Eucalyptus longhorned borer (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Annls. Entomol. Soc. Am., 88: 666-671.

Hanks L.M., Millar J.G., Paine T.D., Wang Q., Paine E.O., 2001 - *Patterns of host utilization by two parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of the eucalyptus longhorned borer (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Biol. Contr., 21: 152-159.

Longo S., Palmeri V., Sommariva D., 1993 - *Sull'attività di* Avetianella longoi *Siscaro, ooparassitoide di* Phoracantha semipunctata *Fabr. nell'Italia meridionale*. - Redia, 76: 223-239.

Luhring K.A., Paine T.D., Millar J. G., Hanks L.M., 2000 - *Suitability of the eggs of two species of Eucalyptus longhorned borers (*Phoracantha recurva *and* P. semipunctata*) as hosts for the Encyrtid parasitoid* Avetianella longoi. - Biol. Contr. 19: 95-104.

Luhring K.A., Millar J.G., Paine T.D., Reed D., Christiansen H., 2004 - *Ovipositional preferences and progeny development of the egg parasitoid* Avetianella longoi*: factors mediating replacement of one species by a congener in a shared habitat*. - Biol. Contr., 30: 382-391.

Mansfield S., 2016 - *New communities on eucalypts grown outside Australia*. - Front. Plant Sci. 7:1812. doi: 10.3389/fpls.2016.01812

Mazzeo G., Siscaro G., 2007 - *Presenza di* Phoracantha recurva *su eucalipto in Sicilia*. - Inf.tore fitopatol., 3: 35-37.

Monné M.L., Monné M.A., Wang Q., 2017 - *General morphology, classification, and biology of Cerambycidae.* In: Wang, Q. (Ed.) Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

Paine T.D., 2017 - *Natural enemies and biological control of cerambycid pests*. In: Wang, Q. (Ed.) Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida

Paine T.D., Steinbauer M.J., Lawson S.A., 2011 - *Native and exotic pests of* Eucalyptus: *A worldwide perspective.* - Ann. Rev. Ent., 56: 181-201.

Romano M., 2007 - *Nuovi dati sulla presenza in Sicilia di* Phoracantha recurva *Newman, 1840 (Coleoptera Cerambycidae)*. - Naturalista Siciliano, ser. IV, 31: 241-247.

Siscaro G., 1992 - Avetianella longoi *sp. n. (Hymenoptera: Encyrtidae) egg parasitoid of* Phoracantha semipunctata *F.*

(Coleoptera: Cerambycidae). - Boll. Zool. agr. Bachic., Ser. II, 24 (2): 205-212.

Suma P., Nucifora S., Caleca V., Lo Verde G., Tortorici F., Rapisarda C., Bella S., 2018 - *A review on introduced alien insect pests and their associated parasitoids on eucalyptus trees in Sicily*. - Redia, 101: 81-88. http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-101.18.11

Umeda C., Paine T.D., 2015 - *Evidence of a genetic basis for differences in parasitization success between strains of* Avetianella longoi *(Siscaro)*. - PLoS ONE 10(6): e0129558. doi:10.1371/journal.pone.0129558

Wang Q., 1995 - *A taxonomic revision of the Australian genus* Phoracantha *Newman (Coleoptera: Cerambycidae)*. - Invertebr. Taxon., 9: 865-958.

Wang Q., Millar J.G., Reed D.A., Mottern, J.L., Heraty J.M., Triapitsyn S.V., Paine, T.D., Xiong, Z.H.E., 2008 - *Development of a strategy for selective collection of a parasitoid attacking one member of a large herbivore guild*. - J. Econ. Ent., 101: 1771-1778.

Wang Q. (Ed.), 2017 - Cerambycidae of the world: biology and pest management. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

Way M.J., Cammell M.E., Paiva M.R., 1992 - *Studies on egg predation by ants (Hymenoptera: Formicidae) on the eucalyptus borer* Phoracantha semipunctata *(Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal*. - Bull. Entomol. Res., 82: 425-432.

164 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 165-170

FITOMIZI ALLOCTONI DI *EUCALYPTUS* SPP. IN ITALIA

STEFANIA LAUDONIA[a] - ANTONIO PIETRO GARONNA[a]

[a] *Università degli Studi di Napoli Federico II: Dipartimento di Agraria, Sezione di Biologia e Protezione dei sistemi agricoli e forestali (BiPAF), Via Università 100, 80055, Portici, Italy;* e-mail: laudonia@unina.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Allochthonous sap-suckers of Eucalyptus spp.in Italy

Sap-suckers can be a serious phytosanitary problem of *Eucalyptus* species worldwide. During the last 30 years four allochthonous species of Aphalaridae: Spondyliaspinae (Psylloidea) and one species of Thaumastocoridae living on Myrtaceae and infesting mainly *Eucalyptus* spp. have been accidentally introduced in Italy.

This paper reviewed the harmfulness of some of these invasive pests established in Italy providing new information about their pest status.

KEY WORDS: Red gum, Psylloidea, Lerp, Bronze Bug, biological control.

INTRODUZIONE

Il genere *Eucalyptus* (Myrtaceae), è costituito da specie tutte di origine australiana, alcune delle quali sono presenti in Italia da oltre 2 secoli. Attualmente, l'eucalipto è ampiamente coltivato nel Bacino del Mediterraneo perché costituisce una delle principali fonti di biomassa, ciò anche e soprattutto a causa delle caratteristiche botaniche della specie, in quanto estremamente rustica e frugale e dalla grandissima capacità di accrescimento (MUGHINI, 2016). Negli ultimi 50 anni numerosi insetti alloctoni, tutti di origine australiana, infeudati su Myrtaceae e che infestano principalmente *Eucalyptus* spp., sono stati introdotti accidentalmente in Italia (FLORIS *et al*., 2017) con conseguenze a volte preoccupanti per la sopravvivenza di queste specie. La presenza di impianti in ambiente naturale, lungo i litorali ed in ambito urbano incide sulle differenti possibilità di gestione fitosanitaria da considerare per fronteggiare nuovi problemi che si sono via via manifestati, talvolta in maniera rilevante. Tra le specie accidentalmente introdotte, che hanno causato impatti ecologici ed economici negativi non trascurabili sono da riportare 4 fitomizi Psylloidea: Aphalaridae: Spondyliaspinae e *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellapé (Thaumastocoridae). Le infestazioni dei fitomizi, ed in particolare degli Aphalaridae, hanno negli ultimi anni danneggiato, anche gravemente il settore apistico. La produzione della melata da parte delle psille ha determinato una attività di bottinaggio dell'Ape contestuale a quella sui fiori, con conseguenti alterazioni delle caratteristiche organolettiche e chimico-fisiche del miele uniflorale di *Eucalyptus* (BUFFA, 2015; FLORIS *et al*., 2017).

Le Psille degli eucalipti introdotte accidentalmente in Italia sono, in ordine cronologico di segnalazione, *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell), *Ctenarytaina spatulata* Taylor, *Blastopsylla occidentalis* Taylor e *Glycaspis brimblecombei* Moore.

CENNI MORFO-BIOLOGICI DELLE PSILLE DEGLI EUCALIPTI

Le caratteristiche morfologiche del genere *Ctenarytaina* includono: metacoxa con meracanto a forma di corno; presenza di setole alle estremità distali delle tibie medie, disposte a pettine; ali con cellula apicale breve, generalmente più breve della vena cubitale (CABI, 2020). All'interno del genere la discriminazione delle diverse specie si basa essenzialmente sulle differenze morfologiche che caratterizzano gli apparati genitali di entrambi i 2 sessi (BURCKHARDT *et al.* 1999).

Ctenarytaina eucalypti: la sua effettiva presenza in Italia, che fu segnalata in Liguria, limitatamente alla Riviera di Ponente (CAVALCASELLE, 1986), a distanza ormai di alcuni decenni, andrebbe probabilmente riconfermata. La specie predilige insediarsi sulle foglie giovani, per l'alimentazione e lo sviluppo degli stadi preimaginali (BRENNAN *et al.*, 2001). HODKINSON (1999) elenca 21 specie di *Eucalyptus* come ospiti della psilla e di queste, quattro che possono favorire la permanenza di ragguardevoli popolazioni del fitomizo. Tra le specie indicate dall'Autore, *E. globulus*, è l'unica specie presente in Italia (Portale della Flora d'Italia, 2020). Gli adulti di *C.eucalipti*, lunghi circa 2 mm, si riconoscono per il colore variabile tra il verde

– Pubblicato marzo 2020

ed il marrone chiaro, con capo e dorso del torace più scuro, marrone/nero. Le ali anteriori sono di colore bianco sporco con le venature scure a contrasto (Burckhardt *et al* 1999).

Ctenarytaina spatulata: la sua presenza in Italia, fu segnalata nel 2003, anch'essa limitatamente alla Riviera Ligure, e da allora pochissimo indagata (Costanzi *et al.*, 2003). In Francia e in Italia, la specie è stata osservata solo su *E. parvifolia* coltivato per l'uso commerciale delle foglie recise. La specie predilige, per l'alimentazione e lo sviluppo degli stadi preimaginali, foglie pienamente sviluppate (Brennan *et al.,* 2001). Gli adulti sono nei 2 sessi abbastanza simili, ad eccezione delle diverse strutture annesse all'apparato genitale e per le dimensioni leggermente più piccole dei maschi. Sono di un colore giallo chiaro, non appena formati e poi assumono una colorazione più scura arancione, con piccole macchie marroni sul lato ventrale del torace. L'addome è fasciato con le parti intersegmentali più chiare (Burckhardt *et al* 1999; Queiroz Santana & Rocha Zanol, 2001). Altri caratteri discriminanti sono riportati in Taylor (1997) e Burckhardt *et al.* (1999).

Blastopsylla occidentalis: è stata descritta su materiale raccolto in Australia, New Zealand e California, su diverse specie di *Eucalyptus.* La specie è considerata originaria dell'Australia Occidentale (Taylor, 1985), ed è stata segnalata in diversi Paesi dell'Africa, dell'Asia e dell'America. In Europa è stata segnalata in Italia del 2006 e successivamente in Turchia, Spagna e Portogallo (Aytar 2007; Laudonia, 2006 a e b; Pérez-Otero, 2011; EPPO, 2020). Gli adulti di *B. occidentalis* sono lunghi circa 1,5 -2,0 mm. Il maschio presenta una colorazione ocracea con parti marroni sul pronoto e sul mesoscuto. La femmina è decisamente più scura del maschio e di colore marrone. I coni frontali sono piccoli e con profilo arrotondato. Le antenne, filiformi e costituite da 10 articoli, presentano sensilli in posizione apicale sul IV, VI, VIII e IX articolo. Le ali anteriori sono lunghe circa 2.5 volte la loro larghezza con la vena Mediana e Cubitale con una origine in comune. La specie si differenzia dalle altre del genere per la conformazione dell'apparato genitale maschile (Taylor, 1985; Burckhardt *et al.,* 1999). In Italia, la specie che è favorita da presenza di condizioni climatiche pre-primaverili, con temperature miti ed elevata umidità (Laudonia, 2006 a e b; Soufo & Tamesse, 2015; Floris *et al*., 2018). Su *E. camaldulensis* depone uova ovoidali, gialle e peduncolate preferibilmente nei punti di inserzione delle foglie al ramo o in prossimità di protuberanze o cavità ruvide. Gli stadi giovanili, come gli adulti, si alimentano preferibilmente a carico dei nuovi germogli e delle infiorescenze in formazione, causando una colatura precoce dei fiori nella successiva primavera (Buffa, 2015). Gli stadi preimaginali della Psilla, oltre alla melata, producono una secrezione cerosa di consistenza fioccosa, che aggrava la presenza di fumaggini (Taylor, 1985).

Glycaspis brimblecombei: questa psilla è meglio conosciuta con il nome di Psilla lerp dell'Eucalipto rosso, dal nome comune in lingua inglese "red gum lerp", è originaria dell'Australia e diventata specie invasiva nell'ultimo decennio. A partire dalla sua prima segnalazione in California nel 1998 (Brennan *et al.*,1999), in pochi anni l'emittero si è rapidamente diffuso attraverso il continente americano, ed è attualmente presente in quasi tutto il Centro ed il Sud America, in diversi paesi dell'Africa ed in Medio Oriente (EPPO, 2020). Le prime segnalazioni per l'Europa e l'area Paleartica riguardano la Penisola Iberica (Valente & Hodkinson, 2009) e l'Italia nel 2010 (Laudonia & Garonna, 2010). Attualmente è presente in Italia centro meridionale (Germinara *et al*., 2011; Lo Verde *et al*., 2011; Frasconi *et al*., 2013; Buffa, 2015; EPPO, 2020) e in quasi tutti i Paesi Europei del Bacino del Mediterraneo (EPPO, 2020). La velocità della sua invasione mondiale ha pochi precedenti, in particolare per specie originarie dell'Australia, e oggi, la specie è considerata cosmopolita e riportata, come presente o invasiva, in 26 Paesi.

G. brimblecombei è facilmente riconoscibile per la presenza, sul corpo degli stadi giovanili, di un essudato anale che dà luogo ad una sorta di follicolo solido, conico, di colore bianco e struttura cristallina, che prende il nome di lerp. Dal punto di vista della composizione chimica, il lerp è costituito essenzialmente da amido, zuccheri solubili, lipidi e piccole quantità di sostanza proteica (Woinarski *et al,* 1989; Sharma *et al,* 2013). Gli stadi preimaginali si nutrono e crescono protetti dai lerp. Durante lo sviluppo e nei passaggi da uno stadio al successivo, ingrandiscono il lerp che li ricopre, o lo abbandonano per costruirne uno nuovo. Al termine dello sviluppo preimaginale, gli adulti alati lasciano definitivamente il lerp protettivo. L'ospite d'elezione è *E. camaldulensis* con una dannosità economica diretta, dovuta a filloptosi ed indebolimento strutturale degli alberi, ed indiretta per associazioni con altri fitofagi e patogeni (Deidda *et al*., 2016; Deiana *et al*., 2018; Floris *et al.*, 2018) ed effetti negativi sul settore apistico essenzialmente e dovuti alla escrezione di notevoli quantità di melata (Buffa, 2015). Gli adulti della Psilla sono lunghi mediamente 3 mm, di colore da verde chiaro a tendente al bruno, con macchie arancioni e gialle e sono facilmente riconoscibili per i loro coni frontali molto lunghi e il torace dorsalmente appiattito. Le uova di colore giallo arancio sono peduncolate e generalmente deposte in gruppi indifferentemente su foglie giovani o pienamente sviluppate. Le forme giovanili, fino alla IV età, sono di colore arancione, mentre la ninfa di V età è di colore tendente al rosso ramato con gli abbozzi alari più scuri. Come in Australia (Morgan, 1984), anche in

Italia, nelle aree di neo-colonizzazione, la specie è polivoltina, con sovrapposizione di generazioni ed apparentemente nessuna diapausa. Contrariamente a quanto riportato in letteratura per altri Paesi, in Italia durante l'inverno, con temperature al di sotto dei 20°C, si osservano tutti gli stadi preimaginali della Psilla, non confermando la quiescenza delle uova descritta da Peris-Felipo *et al.* (2011) né una diapausa invernale di alcuno stadio (Laudonia *et al.*, 2014). Durante l'inverno si assiste a una rarefazione anche spinta della Psilla, le cui popolazioni cominciano nuovamente ad aumentare verso la metà della primavera e con temperature di poco superiori ai 20°C. Durante l'estate, le alte temperature e l'assenza di precipitazioni influenzano negativamente il tasso di crescita ed abbattono le popolazioni (Laudonia *et al*., 2014; Ferreira-Filho *et al.,* 2008). Oltre ai fattori abiotici, si sono individuati negli ambienti di neo-colonizzazione rapporti di natura antagonista con nemici naturali aspecifici autoctoni, il cui ruolo è risultato comunque piuttosto limitato per il contenimento delle popolazioni. Tra questi il più comune è certamente *Anthocoris nemoralis* Fabricius (Hemiptera: Anthocoridae) (Laudonia & Garonna, 2010; Garonna *et al*., 2018). L'introduzione accidentale nel Bacino del Mediterraneo, di *Psyllaephagus bliteus* Riek (Hymenoptera: Encyrtidae), parassitoide specifico di Psille, ha modificato lo scenario del controllo biologico della specie. Recentemente, uno studio sull'interazione ospite-parassitoide ha mostrato che anche *P. bliteus*, pur essendo attivo anche con bassa densità del proprio ospite, è strettamente influenzato dagli stessi fattori abiotici che influenzano l'ospite. Applicando al sistema ospite-parassitoide, un modello matematico predittivo, si è evidenziato che l'attività del parassitoide determina potenzialmente una riduzione della densità della popolazione di *G. brimblecombei* che può giungere fino al 64% (Margiotta *et al.*, 2017). Per l'identificazione di *G. brimblecombei* e la discriminazione dalle altre psille infeudate sull'eucalipto in Italia, si rimanda alla chiave dicotomica di Laudonia & Garonna (2010).

Cenni morfo-biologici di *Thaumastocoris peregrinus*

Particolare preoccupazione ha destato l'introduzione accidentale della Cimicetta della Bronzatura dell'Eucalipto, il *T. peregrinus*. La specie è anch'essa originaria dell'Australia, dove è infeudata su numerose specie di eucalipti (Carpintero & Dellapè, 2006; Noack *et al*., 2011; Soliman *et al*., 2012; Mutitu *et al*., 2013). La Cimicetta, a partire dalle aree d'origine, si è diffusa in Sud Africa, Réunion, Sud e Nord America e Nuova Zelanda (EPPO, 2020). Tra i Thaumastocoridae è, ad oggi, l'unica specie della Fauna d'Europa, segnalata per la prima volta nel Bacino del Mediterraneo in Italia (Laudonia & Sasso, 2012) dove è attualmente presente in diverse regioni centro-meridionali (Suma *et al*., 2014; Deiana *et al.*, 2018). In Europa *T. peregrinus* è presente in Portogallo (Garcia *et al*., 2013), Spagna (Vivas *et al*., 2015) e Albania (Van der Heyden, 2017). I sintomi tipici dell'infestazione di *T. peregrinus* sono di diversa entità a seconda dell'intensità dell'infestazione (Wylie & Speight 2012; Nadel *et al.,* 2010). L'attività trofica è svolta, sia in età giovanile che da adulto, a carico del mesofillo fogliare con l'inserimento degli stiletti boccali attraverso le aperture stomatiche di foglie mature e completamente sviluppate (Santadino *et al.,* 2017). La conseguente riduzione dell'attività fotosintetica determina filloptosi spesso intense. Lo stress provocato dall'attacco di *T. peregrinus* favorisce l'azione di altri fitofagi secondari, in particolare xilofagi, tra cui molto comune *Phoracantha recurva* Newman. La reiterazione dell'attacco di *T. peregrinus* può condurre al deperimento di intere branche e infine alla morte l'albero nel giro di 2-3 anni (Laudonia & Sasso, 2012). Gli adulti di *T. peregrinus* sono caratterizzati da un corpo allungato e appiattito dorso-ventralmente lungo tra i 2 e 3,5 mm e da un angolo antero-laterale del pronoto fortemente tubercolato. Hanno una colorazione marrone chiaro con aree più scure, antenne composte da 4 articoli di cui quello apicale più scuro. Il maschio presenta l'organo copulatore asimmetrico con l'apertura sul lato destro del corpo (Carpintero & Dellapè, 2006). Le uova sono tipicamente scure, ovali (0,5 mm di lunghezza - 0,2 mm di larghezza) con un corion scolpito, e sono spesso deposte a gruppi su foglie e rametti o scabrosità delle capsule (Suma *et al*., 2014). La neanide di prima età ha colorazione giallo molto tenue con corpo esile lungo circa 0.6 mm e occhi rossi bene evidenti. Gli stadi di sviluppo successivi assumono generalmente una colorazione marrone chiara con macchine nere sul torace e sui segmenti addominali. Le uova, le 5 fasi preimaginali e gli adulti, possono essere contestualmente presenti sulla medesima foglia.

I rilievi relativi alla fenologia di *T. peregrinus,* al fine di determinare l'andamento annuale delle popolazioni nelle aree di neo-colonizzazione campane, hanno consentito, posti a confronto con i dati climatici, l'individuazione di un range termico ottimale compreso tra gli 11 e 30 °C. L'analisi delle medie e delle varianze dei vari periodi e dei diversi stadi fenologi descrivono una distribuzione spaziale di tipo binomiale. Particolarmente rilevanti sono i dati del periodo che intercorre tra aprile a novembre nei quali il valore della varianza risulta essere maggiore rispetto a quello della media sia per le neanidi che per le uova vitali suggerendone un modello di distribuzione di tipo contagioso (Southwood & Henderson, 2000; Garonna *et al*, 2018; Laudonia *et al.*, 2016). Fino ad ora, nessun nemico naturale autoctono è stato rinvenuto in associazione

alla Cimicetta. L'assenza del controllo naturale, unitamente all'ampio range termico in cui il *T. peregrinus* è in grado di sopravvivere, spiega la rapida espansione delle aree interessate dalla presenza del fitofago. Per le aree d'origine è nota una attività parassitaria a carico delle uova di *Cleruchoides noackae* Lin e Huber (Hymenoptera: Mymaridae) (Lin *et al*., 2007) ed attualmente utilizzato in progetti di controllo in diversi Paesi (Nyeko, 2011; Barbosa *et al*., 2017; Martínez *et al.,* 2018).

Conclusioni

La diffusione accidentale dei fitomizi *di Eucalyptus* spp. su scala intercontinentale ha determinato un impatto economico serio per un genere di piante arboree versatili impiegate a livello globale per la produzione di legname, cellulosa, fogliame, e per applicazioni industriali quale fonte di biomassa. In alcuni casi, le espansioni territoriali hanno riguardato anche gli organismi antagonisti che riescono ad insediarsi nelle aree geografiche per la presenza dell'ospite naturale. Questo è il caso di *P. bliteus*, attualmente considerato un valido fattore di contenimento della psilla lerp in Italia e in numerosi Paesi del Bacino del Mediterraneo. In un momento storico in cui sembra concretizzarsi, anche per il nostro Paese, la possibilità di attuare programmi di lotta biologica classica di tipo propagativo, è da considerare con attenzione l'opportunità di progettare l'importazione di antagonisti naturali di *T. peregrinus* dall'areale di origine, allo scopo di contenere le popolazioni del fitomizo e limitarne dannosità e diffusione.

BIBLIOGRAFIA

Aytar F., 2007 - *Description, distribution and hosts of* Blastopsylla occidentalis *(Homoptera: Psyllidae), a new pest of* Eucalyptus spp. *in Turkey*. Poster presented at the 2nd Plant Protection Congress of Turkey, Isparta (TR), 2007-08-27/29.

Barbosa L.R., Rodrigues A.P., da Silva Soler L., Vique Fernandes B., Monteiro de Castro e Castro B., Wilcken C.F., Zanuncio J. C., 2017 - *Establishment in the Field of* Cleruchoides noackae *(Hymenoptera: Mymaridae), an Exotic Egg Parasitoid of* Thaumastocoris peregrinus *(Hemiptera: Thaumastocoridae)*. - Florida Entomologist, 100(2):372-374. https://doi.org/10.1653/024.100.0237

Brennan E. B., Gill R. J., Hrusa G.F., Weinbaum S.A., 1999 – *First record of* Glycaspis brimblecombei *(Moore) (Homoptera: Psyllidae) in North America: initial observations and predator associations of a potentially serious new pest of eucalyptus in California.* - Pan-Pac.Entomol., 75: 55-57.

Brennan E.B., Weinbaum S.A., Rosenheim J.A., Karban R., 2001- *Heteroblasty in* Eucalyptus globulus (*Myricales: Myricaceae) affects ovipositional and settling preferences of* Ctenarytaina eucalypti *and* C. spatulata *(Homoptera: Psyllidae)*. - Environ Entomol., 30:1144–1149.

Buffa F., 2015 – *Problematiche entomologiche dell'eucalipto in Sardegna e monitoraggio del fitofago di nuova introduzione Psilla lerp* (Glycaspis brimblecombei). PhD thesis, Department of Agriculture,University of Sassari, Sassari, Italy, pp. 78.

Burckhardt D., Santana D.L.Q., Terra A.L. Andrade F.M.de, Penteado S.R.C., Iede E.T., Morey C.S., 1999 - *Psyllid pests (Hemiptera, Psylloidea) in South American eucalypt plantations*. - Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 72(1/2): 1-10.

CABI, 2020 - Ctenarytaina eucalypti. In*:* Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.

Carpintero D.L., Dellapè P.M., 2006 – *A new species of* Thaumastocoris *Kirkaldy from Argentina (Heteroptera:Thaumastocoridae: Thaumastocorinae)*. - Zootaxa, 1228: 61-68.

Cavalcaselle B., 1986 - *Les insectes nuisibles aux eucalyptus en Italie: importance des dégats et méthodes de lutte*. - EPPO Bulletin, 16: 293-297. doi:10.1111/j.1365-2338.1986.tb00280.x

Costanzi M., Malausa J.C., Cocquempot C., 2003 - *Un nouveau psylle sur les Eucalyptus de la Riviera Ligure et de la Côte d'Azur. Premières observations de* Ctenarytaina spatulata *Taylor dans le Bassin Méditerranéen occidental*. - Phytoma – La Défense des Végétaux, no. 566: 48-51.

Deiana V., Cocco A., Buffa F., Mannu R., Satta A., 2018 – *Insect pests of* Eucalyptus *plantations in Sardinia (Italy)* Redia,101: 101-106 http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-101.18.13

Deidda A., Buffa F., Linaleddu B.T., Pinna C., Scanu B., Deiana V., Satta A., Franceschini A., Floris I., 2016 – *Emerging pests and diseases threaten* Eucalyptus camaldulensis *plantations in Sardinia, Italy*. - iForest Biogeosciences and Forestry, 9: 883-891.

EPPO, 2020 - Global Database. https://gd.eppo.int

Ferreira-Filho P.J., Wilcken C.F., Oliveira N.C., Dal Pogetto M.H., Lima A.C.V., 2008 - *Dinâmica populacional do psilídeo-de-concha* Glycaspis brimblecombei *(Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) e de seu parasitóide* Psyllaephagus bliteus *(Hymenoptera: Encyrtidae) em floresta de* Eucalyptus camaldulensis. [*Population dynamics of red gum lerp psyllid*, Glycaspis brimblecombei *(Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoid*, Psyllaephagus bliteus *(Hymenoptera: Encyrtidae), in* Eucalyptus camaldulensis *plantation*.] - Ciencia Rural., 38: 2109–2114.

Floris I., Cocco A., Buffa F., Mannu R., Satta A., 2018 - *Insect pest of Eucalyptus plantations in Sardinia (Italy)*. - Redia, 101: 61-71. http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-101.18.09

Floris I., Laudonia S., Luciano P., (Editor), 2017 - *Avversità dell'eucalipto (manuale per il riconoscimento).* Nuova Stampa Color, Muros (Sassari): 42 pp. ISBN: 978-88-99323-07-3.

Frasconi C., Rossi E., Antonelli R., Loni A., 2013 - *First record of the red gum lerp psyllid* Glycaspis brimblecombei *Moore (Hemiptera: Psyllidae) in Tuscany (Italy)*. - Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 43(1): 167-168.

Garcia A., Figueiredo E., Valente C., Monserrat V.J., Branco M., 2013 - *First record of* Thaumastocoris peregrinus *in Portugal and of the neotropical predator*

Hemerobius bolivari *in Europe*. - Bulletin of Insectology, 66(2): 251-256. http://www.bulletinofinsectology.org/

Garonna A.P., Bernardo U., Gualtieri L., Laudonia S., Nugnes F., 2018 – The present pest status of Eucalyptus sap-suckers and gall wasp in Campania (Italy). - Redia, 101: 73-79. http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-101.18.10.

Germinara G.S., Cataldo M.D.I., Palma A.D.I., Rotundo G., 2011. *Segnalata psilla lerp sul litorale adriatico centro-meridionale. [Report of lerp psyllid from the Adriatic coast in south-central Italy]*. - Inf. Agrar., 67(45): 66–67.

Hodkinson I.D, 1999 - *Biocontrol of eucalyptus psyllid* Ctenarytaina eucalypti *by the Australian parasitoid* Psyllaephagus pilosus*: a review of current programmes and their success*. - Biocontrol News and Information, 20(4):129-134.

Laudonia S., 2006a - *Un nuovo psillide su eucalipto*. - L'Informatore agrario, 9: 89.

Laudonia S., 2006b - Blastopsylla occidentalis *Taylor (Homoptera: Psylloidea) on Italian* Eucalyptus spp: *a new exotic pest for European Fauna*. - Proceedings VIII European Congress of Entomology Supplementary abstract book 2 pp. RVVP-74

Laudonia S., Garonna A.P., 2010 -*The red gum lerp psyllid,* Glycaspis brimblecombei*, a new exotic pest of* Eucalyptus camaldulensis *in Italy*. - Bulletin of Insectology, 63(2): 233-236.

Laudonia S., Margiotta M., Sasso R., 2014 - *Seasonal occurrence and adaptation of the exotic* Glycaspis brimblecombei *Moore (Hemiptera: Aphalaridae) in Italy.* - Journal of Natural History, 48:11-12, 675-689, DOI: 10.1080/00222933.2013.825021

Laudonia S., Sasso R., 2012 - *The bronze bug* Thaumastocoris peregrinus: *a new insect recorded in Italy, damaging to Eucalyptus trees*. - Bulletin of Insectology, 65: 89-93.

Lin N.Q., Huber J.T., La Salle J., 2007.- *The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. - Zootaxa, 1596: 1-111.

Lo Verde G, Bella S, Caleca V, Rapisarda C., Sidoti A., 2011 - *Presenza in Sicilia di* Glycaspis brimblecombei *Moore (Hemiptera Psyllidae) su* Eucalyptus camaldulensis *Dehnh*. - Naturalista siciliano, S. IV, XXXV (425): 425-434.

Margiotta M., Bella S., Buffa F., Caleca V., Floris I., Giorno V., Lo Verde G., Rapisarda C., Sasso R., Suma P., Tortorici F., Laudonia S., 2017 - *Modeling environmental influences in the* Psyllaephagus bliteus *(Hymenoptera: Encyrtidae)* – Glycaspis brimblecombei *(Hemiptera: Aphalaridae) Parasitoid–Host System.* - Journal of Economic Entomology, 110 (2): 1–11. doi: 10.1093/jee/tow253

Martínez G., González A., Dicke M., 2018 - *Rearing and releasing the egg parasitoid, a biological control agent for the Eucalyptus bronze bug*. - Biological Control, 123: 97-104. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.05.008.

Mughini G., 2016 - *Suggerimenti per una eucalitticoltura clonale sostenibile nelle aree a clima mediterraneo dell'Italia centro-meridionale*. - Forest@ 13: 47-58. - doi: 10.3832/efor2059-013

Mutitu E.K., Garnas J.R., Hurley B.P., Wingfield M.J, Harney M., Bush S.J., Slippers B., 2013 - *Biology and Rearing of* Cleruchoides noackae *(Hymenoptera: Mymaridae), an Egg Parasitoid for the Biological Control of Thaumastocoris peregrinus (Hemiptera: Thaumastocoridae)*. - Journal of Economic Entomology, 106 (5): 1979–1985. https://doi.org/10.1603/EC13135

Nadel R.L., Slippers B., Scholes M.C. Nadel R.L., Slippers B., Scholes M.C., Lawson S.A., Noack A.E., Wilcken C.F., Bouvet, J.P., Wingfield M.J., 2010 - *DNA bar-coding reveals source and patterns of* Thaumastocoris peregrinus *invasions in South Africa and South America*. – Biol. Invasions, 12: 1067-1077. https://doi.org/10.1007/s10530-009-9524-2

A.E., Cassis G., Rose H.A., 2011 - *Systematic revision of* Thaumastocoris *Kirkaldy (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae)*. - Zootaxa, 3121, pp. 1-60.

Nyeko P., 2011 - *Advances in research and management of tree pests and diseases: experiences from FABI*. Saw log production grant scheme, SPGS, pp. 16.

Pérez-Otero R., Mansilla J.P., Borrajo P., Ruiz F., 2011 - *Primera cita en la Península Ibérica de* Blastopsylla occidentalis *Taylor (Homoptera: Psyllidae) [First record of* Blastopsylla occidentalis *Taylor (Homoptera: Psyllidae) in the Iberian Peninsula]*. - Boletin de Sanidad Vegetal Plagas, 37(2): 139-144.

Peris-Felipo F.J., Mancusi G., Turrisi G.F., Jiménez-Peydró R., 2011 - *New corological and biological data of the Red Gum Lerp Psyllid,* Glycaspis brimblecombei *Moore, 1964 in Italy (Hemiptera, Psyllidae)*. - Biodiversity Journal, 2(1): 13-17.

Portale della Flora d'Italia. *Disponibile a http:/dryades.units.it/floritaly [*Consultato: 21/01/2020*]*

Queiroz Santana D.L., Rocha Zanol R.M., 2005 - *Morfologia externa das ninfas e adultos de* Ctenarytaina spatulata *Taylor (Hemiptera, Psyllidae)*. - Revista Brasileira de Entomologia, 49(3): 340-346.

Santadino M., Brentassi M.E., Fanello D.D., Coviella C., 2017 - *First evidence of* Thaumastocoris peregrinus *(Heteroptera: Thaumastocoridae) feeding from mesophyll of Eucalyptus leaves*. - Environmental Entomology, 46 (2): 251–257. https://doi.org/10.1093/ee/nvw163

Sharma A., Raman A., Taylor G., Fletcher M., 2013 - *Nymphal development and lerp construction of* Glycaspis sp. *(Hemiptera: Psylloidea) on* Eucalyptus sideroxylon (*Myrtaceae) in central-west New South Wales, Australia*. - Arthropod Structure & Development, 42(6): 551-564. https://doi.org/10.1016/j.asd.2013.07.005.

Soliman E.P., Wilcken C.F., Pereira J.M., Dias T.K.R., Zaché B., Dal Pogetto M.H.F.A., Barbosa L.R., 2012 - *Biology of* Thaumastocoris peregrinus *in different Eucalyptus species and hybrids*. - Phytoparasitica, 40: 223-230.

Soufo L., Tamesse J.L., 2015 - *Population Dynamic of* Blastopsylla occidentalis *Taylor (Hemiptera: Psyllidae), a Psyllid Pest of Eucalypts*. - Neotropical Entomology, 44(5): 504-512.

Southwood T., Henderson P., 2000 - *Ecological Methods*. London: Blackwell Science Limited. 575 pp.

Suma P., Nucifora S., Bella S., 2014 - *New distribution record of the invasive bronze bug* Thaumastocoris peregrinus *Carpintero and Dellapé (Heteroptera, Thaumastocoridae) in Italy*. - EPPO Bulletin, 44(2): 179-182 https://doi.org/10.1111/epp.12122

Taylor K.L., 1985 - *Australian psyllids: A new genus of Ctenarytainini (Homoptera: Psylloidea) on Eucalyptus, with nine new species*. - Journal of the Australian Entomological Society, 24: 17-30.

Taylor, K.L., 1997 - *A New Australian Species of* Ctenarytaina *Ferris and Klyver (Hemiptera: Psyllidae:*

Spondyliaspidinae) established in Three Other Countries. - Australian Journal of Entomology, 36: 113-115. doi:10.1111/j.1440-6055.1997.tb01442.x

VALENTE C., HODKINSON I., 2009 - *First record of the redgum lerp psyllid*, Glycaspis brimblecombei *Moore (Hem.: Psyllidae), in Europe.* - Journal of Applied Entomology, 133(4): 315-317.

VAN DER HEYDEN T., 2017 - *The first record of* Thaumastocoris peregrinus *Carpintero & Dellapé, 2006 (Hemiptera: Heteroptera: Thaumastocoridae) for Albania*. - Revista gaditana de Entomología, 8(1): 33-135.

VIVAS L., CRESPO J., JACINTO V., 2015 - *Primer registro de la especie invasora* Thaumastocoris peregrinus *Carpintero & Dellapé, 2006 en España y nuevos datos para Portugal (Hemiptera: Thaumastocoridae)*. - BV news Publicaciones Científicas, 4(48): 30-35.

WOINARSKI J.C.Z., CULLEN J.M., HULL C., NAYUDU R., 1989 - *Lerp-feeding in birds: A smorgasbord experiment.* - Australian Journal of Ecology, 14: 227-234.

WYLIE F.R., SPEIGHT M.R., 2012 - *Insect pests in tropical forestry.* 2nd edition. Wallingford, UK, CABI.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 171-175

ENTOMOFAUNA PRONUBA E IMPORTANZA MELLIFERA DELL'EUCALIPTO [1]

IGNAZIO FLORIS [a] - MICHELINA PUSCEDDU [a] - ALBERTO SATTA [a]

[a]*Dipartimento di Agraria, Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università di Sassari Viale Italia 39, 07100 Sassari (Italia);* e-mail: ifloris@uniss.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Floral visitors and honey production of Eucalyptus

Eucalyptus species are of worldwide importance for their multipurpose use such as timber, pulp and fuelwood. These species establish easily, grow quickly, even on poor soils without irrigation, and can be cultivated intensively, thus having many advantages compared to other hardwood plantation species. Consequently, vast plantations of eucalyptus are found in South America (Brazil, Chile, and Argentina), in sub-Saharan Africa (South Africa, Zambia, and Malawi) and in the Mediterranean basin (Spain, Portugal, Italy, Tunisia, Algeria, and Israel). Besides their value as commercial species, eucalyptus are planted in many Temperate and Subtropical regions as ornamental trees, particularly in urban and touristic contexts. As melliferous plants, *Eucalyptus* species are a source of nectar and pollen for the production of large quantities of honey. In addition, they can provide food for many other nectarivorous and pollenophagous species, such as insects, birds and mammals. In the last decades, several invasive pests of eucalyptus have spread and established in the Mediterranean basin. Among these, some sap-sucking insects, such as the psyllids *Blastopsylla occidentalis* and *Glycaspis brimblecombei*, and the bronze bug *Thaumastocoris peregrinus*, have become major threats to eucalyptus plantations. These insects have also had an impact on the production and quality of unifloral eucalyptus honey, with a strong decrease in honey production after 2011, and a greater presence of the honeydew produced by these insects, thus negatively influencing chemical-physical parameters and pollen spectrum of eucalyptus honey.

KEY WORDS: eucalyptus, floral visitors, *Apis mellifera*, honey production.

INTRODUZIONE

Le specie di *Eucaliptus* sono tra gli alberi più diffusi per la produzione di legno da cellulosa nelle regioni temperate del mondo (ELDRIDGE *et al*., 1993). Oltre al loro valore commerciale, grazie ai vari usi del legno e al frequente impiego come alberi ornamentali nei contesti urbani e turistici (FAO, 1981), sono piante molto rinomate anche per l'abbondante fioritura e la produzione di nettare e di polline, utili alle api (CLEMSON, 1985), a molte altre specie di insetti e di vertebrati, in particolare uccelli nettarivori e pollinifagi (HINGSTONL e POTTS, 1998). Ad oggi, tuttavia, sono ancora scarse le informazioni sulla loro importanza per le api da miele e gli altri antofili associati ai loro fiori (YATES *et al.,* 2005), come sono poco noti gli effetti sulla produzione di miele e sulla sua qualità arrecati dai principali fitofagi, in particolare fitomizi di recente introduzione, che infestano queste piante. I problemi fitosanitari registrati negli ultimi decenni (PAINE *et al*., 2010; PAINE *et al*., 2011), a partire dal 2006 con l'introduzione della *Blastopsilla occidentalis* (LAUDONIA, 2006), più recentemente della psilla lerp *Glicaspis brimblecombei* (LAUDONIA e GARONNA, 2010) e in ultimo della cimicetta della bronzatura *Thaumastocoris peregrinus* (DEIANA *et al*., 2018; LAUDONIA e SASSO, 2012), hanno avuto un forte impatto negativo sulla salute delle piante con conseguenze sulla fioritura, sulla produzione e la qualità del miele, anche per la contemporanea produzione di melata (FLORIS *et al*., 2017). Il miele uniflorale è commercializzato in tutto il mondo. In Europa le principali aree di produzione sono l'Italia, la Spagna e il Portogallo (PERSANO ODDO *et al*., 2004). Al di fuori dell'Europa, grandi quantità di miele di eucalipto sono prodotte nei paesi di origine di queste piante (Australia e Nuova Zelanda) (MARTOS *et al*., 2000; SOMMERVILLE, 2010) o in altri in cui sono state ampiamente introdotte e diffuse per vari scopi (Nord e Sud Africa, Israele, America centrale e meridionale, Asia) (GUY, 1974). Secondo CRANE (1975), il potenziale mellifero dell'eucalipto varia molto tra le specie. Alcuni studi hanno valutato che la produzione di nettare (DAVIS, 1997), in condizioni di crescita favorevoli, ad esempio per *E. eritrosis*, può raggiungere 970 g (sostanza secca) per pianta, equivalenti, in una piantagione (6 x 6 m) con 280 alberi/ha, a 250 kg/ha; nel caso di piantagioni più dense (4 x 4 m) con 620

[1] Gli autori ringraziano la "Regione Autonoma della Sardegna, Tavolo Tecnico Difesa Fitosanitaria Piante Forestali, Assessorato Difesa Ambiente - Servizio Tutela del suolo e politiche forestali" per il supporto finanziario del "Programma di tutela fitosanitaria delle specie di *Eucalyptus*".delle specie di *Eucalyptus*".

– Pubblicato marzo 2020

alberi/ha, si può addirittura prevedere una resa di 600 kg/ha (Lupo e Eisikowitch, 1990) corrispondenti a circa 700 kg di miele. L'interesse apistico è stato valutato anche per altre specie come ad esempio *E. globulus*, *E. grandis* e *E. nitens*, le quali sono state definite di media o scarsa importanza per la produzione di miele, ma più utili come sorgenti di polline per supportare lo sviluppo degli alveari dopo lo svernamento (Goodman, 1973) o per favorirne lo sviluppo in preparazione degli spostamenti verso flussi nettariferi più vantaggiosi (Clemson, 1985), (Blake e Roff, 1988; Goodman, 1973; Goodman, 2001). Ancora, per specie come *E. albens, E. caleyi, E. calophylla, E. crebra, E. diversicolor, E. macrorhyncha, E. maculata, E. marginata, E. melanophloia, E. melliodora, E. microtheca, E. muelleriana, E. ochrophloia, E. paniculata, E. pauciflora, E. redunca, E. sideroxylon*, sono riportati valori di potenziale mellifero variabili da minimi di 20 (*E. redunca* ed *E. marginata*) a massimi di 160 kg (*E. paniculata*) per alveare e valori di polline da scarsi ad elevati (Somerville, 1998; Moncur e Kleinschmidt, 1992). In Italia, la diffusione dell'eucalipto e la relativa produzione di miele riguarda soprattutto le regioni centro-meridionali, incluse le isole maggiori. Le piantagioni di eucalipto si stima che coprano almeno 50.000 ettari, corrispondenti ad una produzione potenziale di 10.000 tonnellate di miele all'anno se si considera una resa di 200 kg/ha (Ricciardelli D'Albore e Persano Oddo, 1978). La specie più comune e più importante per l'apicoltura è *E. camaldulensis,* a fioritura estiva, seguita da *E. occidentalis* (fioritura settembre - ottobre)*, E. globulus* (fioritura novembre - giugno), *E. viminalis* (fioritura maggio - giugno), *E. niphophila*, *E. parviflora* (fioritura luglio - agosto) e *E. glaucescens* (fioritura settembre - ottobre).

Api e altre specie antofile

La fauna antofila associata all'eucalipto non include solo specie di insetti, per quanto prevalenti, ma anche vertebrati come diverse specie di uccelli e mammiferi. Gli uccelli (soprattutto pappagalli antofili e uccelli muraioli) possono addirittura risultare gli impollinatori più importanti nel sud dell'Australia durante l'inverno, quando le condizioni climatiche limitano il volo degli insetti (Hingstonl e Potts, 1998). Anche in Europa (Spagna) è stato studiato il ruolo degli uccelli nell'impollinazione di *E. globulus* (Calviño-Cancela e Neumann, 2015). Non sono stati evidenziati uccelli nettarivori specializzati, ma l'interazione tra questa specie di eucalipto e gli uccelli è emersa dall'abbondanza di polline rilevata negli uccelli catturati tramite reti. Il polline di eucalipto era presente in 171 individui appartenenti a 19 specie (su 485 uccelli catturati e 33 specie). I grandi carichi di polline trovati sono indicativi dell'uso frequente dei fiori di eucalipto da parte della comunità degli uccelli, a dimostrazione dell'alta rilevanza ecologica di questa interazione anche negli ambienti di introduzione degli eucalipti.

Gli insetti antofili restano comunque prevalenti, con una composizione geografica variabile, che include oltre ad *Apis mellifera* (specie dominante) altri Apoidei, Ditteri, Coleotteri, Ortotteri e Lepidotteri.

L'*Apis mellifera* e altri antofili diurni associati ai fiori di *E. camaldulensis* sono stati valutati recentemente in Sardegna (Floris *et al*., 2020). Le api sono state rilevate a livello di genere o specie, mentre gli altri *taxa* sono stati identificati a livello di famiglia o di ordine (Ditteri, Lepidotteri, Imenotteri Formicoidei, Coleotteri e Ortotteri). Le osservazioni sui fiori di *E. camaldulensis* sono state effettuate seguendo il metodo di Utelli e Roy (2000). Per distinguere i visitatori generali dagli impollinatori veri e propri, è stato osservato il comportamento degli insetti sul fiore, verificando così un probabile contatto con le antere e i pistilli. Il coefficiente di correlazione di Pearson (r) è stato utilizzato per verificare le correlazioni tra il numero di api da miele con la temperatura ambientale e il numero di fiori aperti per infiorescenza (Sanzana *et al*., 2012). L'analisi dei dati ha evidenziato che gli insetti più frequenti che hanno visitato i fiori di *E. camaldulensis* appartenevano all'ordine degli Imenotteri (~ 87%), la specie più abbondante è stata *A. mellifera* (~ 64% del totale dei visitatori), seguita da altre specie di Apoidei (~ 15%) e da Formicidi (~ 8%). I Ditteri e i Coleotteri hanno rappresentato rispettivamente il 9% e il 3% del totale dei visitatori. Mentre, gli Ortotteri (0,4%) e i Lepidotteri (0,1%) sono stati trovati solo sporadicamente. Nel periodo di fioritura di *E. camaldulensis*, la maggiore attività delle api da miele è stata registrata, nelle ore centrali della giornata (13-14 h), soprattutto a partire da fine giugno (primo mese di fioritura), mostrando un andamento variabile nel tempo. Mentre, nelle prime settimane di giugno, la principale attività di impollinazione è stata svolta da api selvatiche appartenenti alle seguenti specie: *Andrena thoracica, A. nigroaenea, A. flavipes, A. morio; Nomiapis diversipes; Lasioglossum villosulum, L. pauxillum, L. pauperatum, L. malachurum, L. interruptum; Nomada sp.; Ceratina dallatorreana; Hylaeus clypearis, H. cornutus*; e *Bombus terrestris sassaricus* (Tavola 1).

Il miele uniflorale

Il miele di eucalipto si produce in Italia, in altri paesi del bacino del Mediterraneo (soprattutto Spagna), nel Sud America (Uruguay) e in Australia. In Spagna è presente una DOP che certifica il miele di eucalipto della Galizia.

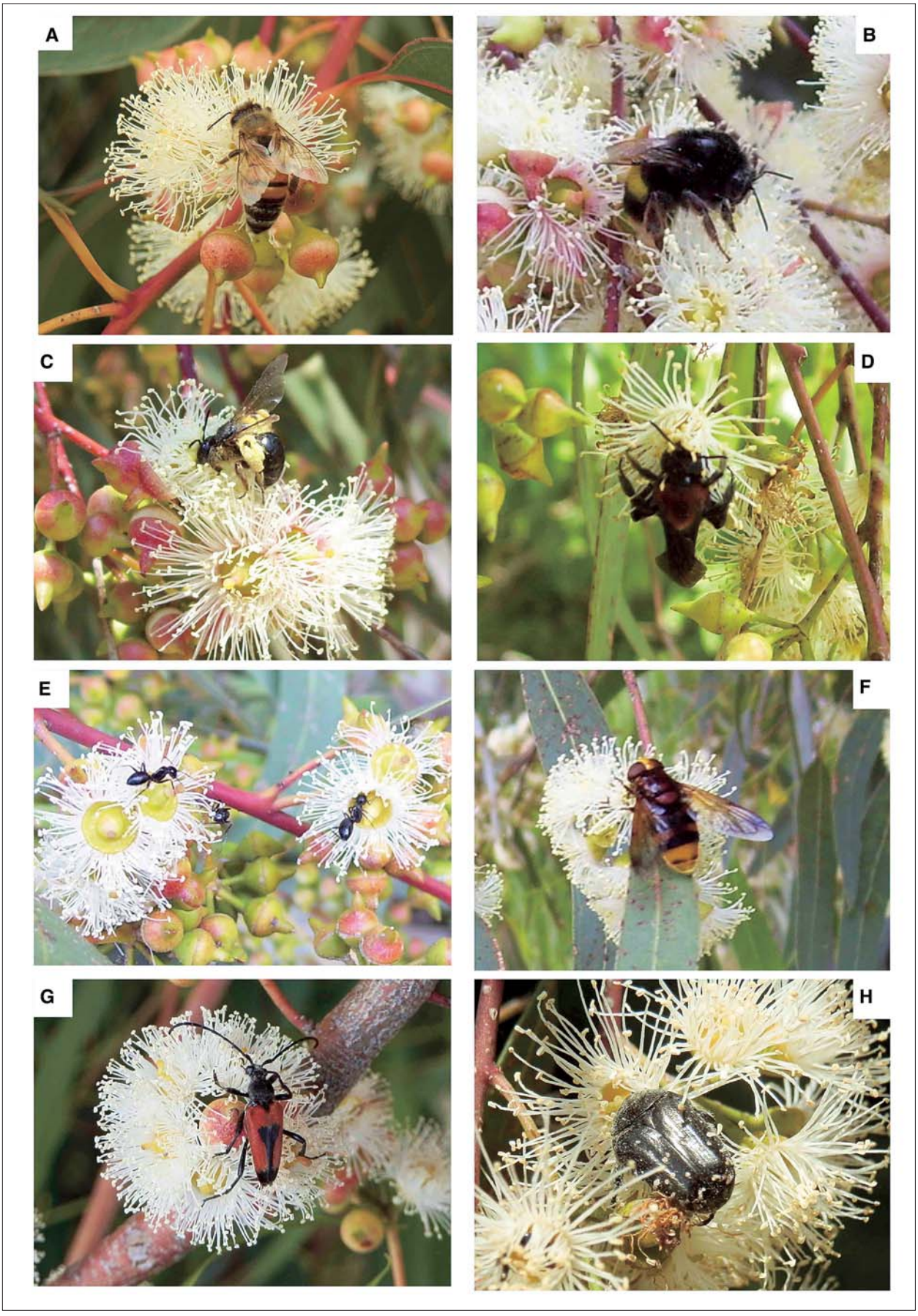


Tavola I – Insetti rilevati in Sardegna su fiori di eucalipto (Floris *et al*., 2000): (**A**) *Apis mellifera ligustica*; (**B**) *Bombus terrestris sassaricus*; (**C**) *Andrena* sp., (**D**) *Andrena thoracica*; (**E**) Formicidae; (**F**) *Volucella zonaria*; (**G**) *Stictoleptura cordigera*; (**H**) O*xythyrea funesta*. (Foto di Franco Buffa).

È un miele che tende a cristallizzare spontaneamente in tempi abbastanza rapidi, dando luogo ad una massa compatta con cristalli fini o medi, talvolta si presenta tenace, asciutto, con cristalli medio-grossi o grossi, sabbiosi e taglienti. Il colore è medio (compreso fra 35 e 80 mm Pfund), da ambrato chiaro a scuro nel miele liquido, beige grigiastro in quello cristallizzato. L'odore è abbastanza intenso, molto caratteristico, aggressivo, di funghi secchi, di liquirizia, di affumicato, di caramello. Il sapore, da normalmente a molto dolce; l'aroma di media intensità, molto caratteristico, richiama le sensazioni olfattive.

Si distinguono due tipologie di miele: estivo e autunnale. L'estivo ha valori più elevati di attività enzimatica (indice diastasico > di 15 unità Schade/g) mentre quello autunnale ha un basso tenore naturale di enzimi (indice diastasico compreso fra 5 e 15 unità Schade/g). Possono trovarsi mieli misti con caratteristiche intermedie. I valori di conducibilità elettrica sono medio-alti (0,40 – 0,70 mS/cm). Questi parametri, tuttavia, sono relativi ai mieli prodotti e/o commercializzati in Italia. In Germania alcuni parametri hanno limiti leggermente differenti: conducibilità elettrica > 0,30 mS/cm, colore compreso fra 20 e 100 mm Pfund.

Sotto il profilo melissopalinologico, *E. camaldulensis* è una pianta dal polline fortemente iper-rappresentato nel miele, mentre *E. occidentalis* ha un polline normalmente rappresentato nel miele. Pertanto, i mieli italiani per poter essere definiti uniflorali, devono avere un percentuale minima del 90% di polline di *Eucalyptus* (nei mieli estivi) o superiore al 45% (nei mieli autunnali). Esistono anche mieli che sono miscele delle due tipologie e per i quali si considera il limite del 45% di polline di *Eucalyptus* per la definizione dell'unifloralità.

La quantità di elementi figurati (polline, elementi indicatori di melata etc.) rintracciabile in questa tipologia di miele è elevata nei mieli estivi (III classe di rappresentatività) con una media di 269.000 in 10g di miele, mentre è media in quelli autunnali (II classe di rappresentatività) con valori compresi tra 20.000 e 100.000. Nei mieli misti delle due specie, le caratteristiche sono intermedie. Lo spettro pollinico dei mieli prodotti in Italia è caratterizzato dalla presenza costante di *Eucalyptus*, Brassicaceae, *Trifolium repens* gr., *Hedysarum*, e con minore frequenza, *Rubus* f., *T. pratense* gr., Apiaceae, *Papaver* ed *Olea*.

In Italia, alcuni pollini possono essere considerati marcatori dei mieli delle singole regioni (Palmieri *et al*., 2020). In Calabria, ad esempio, l'associazione botanica tipica della regione è caratterizzata dalla presenza costante di *Castanea*, Apiaceae, *Hedysarum* e Oleaceae. Nei mieli di eucalipto autunnali, al contrario, si evidenziano, oltre ad *E. occidentalis*, marcatori quali *Asparagus acutifolius*, *Artemisia*, *Amaranthus, Phoenix* e *Xanthium* (questi ultimi due presenti anche in Sicilia). Per quanto riguarda lo spettro pollinico dei mieli provenienti dalla Sicilia, da rilevare in particolare la presenza costante di *Citrus*, Compositae forma S, Apiaceae e Anacardiaceae. I mieli di eucalipto provenienti dalla Sardegna, accanto ai pollini sopra citati, hanno evidenziato anche la presenza costante di *Echium, Cistus, Galactites* meno frequentemente di *Lavandula stoechas*, *Pistacia* e *Myrtus* f.

Lo spettro pollinico dei mieli spagnoli (Rodríguez Flores *et al*., 2014) evidenzia un'associazione caratteristica formata da *Eucalyptus*, sempre presente ma in percentuale mediamente più bassa rispetto a quanto rilevato nei mieli italiani; diverse Compositae, *Echium*, alcune Leguminosae, tra cui *Vicia;* Lamiaceae (*Lavandula* e *Rosmarinus*), Ericaceae, *Reseda* e *Campanula* f. e tra i non nettariferi diverse specie di *Cistus* e *Hypecoum*. Mentre, lo spettro dei mieli provenienti dai paesi del Sud America (Uruguay) è caratterizzato da *Baccharis* f., *Hyptis, Bursera, Epilobium, Acacia, Mutisia, Elaeis, Borreria, Weinmannia, Mimosa* spp. e *Cecropia*.

In Europa, non essendo presente una legislazione specifica, si adotta la regola tedesca che consente di definire come uniflorali i mieli che presentano una percentuale di polline di *Eucalyptus* maggiore dell'85%, ma sono tollerati anche mieli con una percentuale maggiore del 70%.

Una recente indagine svolta in Sardegna (Floris *et al*., 2020) ha consentito di evidenziare l'impatto dei nuovi fitofagi dell'eucalipto sulla produzione di miele. Nel 2011, prima della diffusione e dell'insediamento di questi nuovi parassiti, le rese medie per alveare erano mediamente di 35 kg, mentre nei due anni successivi (2012-14) all'introduzione della citata psilla lerp si è registrato un crollo con valori medi da 3,1 a 6,6 kg/alveare, saliti a circa 15 kg/alveare nel 2015 e nel 2016, e fino a circa 18-20 kg/alveare negli ultimi anni (2017-18). I mieli di eucalipto contaminati da melata sono risultati leggermente più scuri, passando da 52,8 a 85 mm Pfund. Inoltre, la presenza della melata prodotta dagli insetti fitomizi è risultata responsabile delle variazioni di alcune caratteristiche chimico-fisiche (glucosio, fruttosio e conducibilità elettrica) e melissopalinologiche rispetto agli standard definiti per questo miele. Le percentuali di polline talvolta sono risultate leggermente inferiori al limite richiesto del 90% per i mieli estivi (Persano Oddo *et al*., 2000), mettendo a rischio la possibilità di classificazione uniflorale.

BIBLIOGRAFIA

Blake S., Roff C., 1988 - *Honey Flora of Queensland*. Department of Primary Industries, Queensland Government.

Calviño-Cancela M., Neumann M., 2015 - *Ecological*

integration of eucalypts in Europe: Interactions with flower-visiting birds. - Forest Ecology and Management, 358: 174-179.

Clemson A., 1985 - *Honey and Pollen Flora*. Department of Agriculture, New South Wales. Inkata Press, Melbourne, Australia.

Crane E., 1975 - *Honey. A comprehensive survey*. Heinemann, London.

Davis A.R., 1997 - *Influence of floral visitation on nectar-sugar composition and nectary surface changes in Eucalyptus*. - Apidologie, 28 (1): 27-42.

FAO, 1981 - *Eucalyptus for planting*. FAO Forestry Series No. 11. FAO, Rome.

Floris I., Buffa F., Satta A. 2017 - *Interesse apistico dell'eucalipto e impatto degli attacchi di fitomizi sulla produzione di miele uniflorale*. In: Atti Convegno "Problematiche fitosanitarie dell'eucalipto", Tramatza (Oristano) 25-26 marzo 2017.

Floris I., Pusceddu M., Mannu R., Buffa F., Quaranta M., Satta A., 2020 - *Impact of sap-sucking insect pests (*Blastopsylla occidentalis *Taylor and* Glycaspis brimblecombei *Moore, Hemiptera: Psyllidae) on unifloral eucalyptus honey.* - Annals of Selvicultural Researches (accepted for pubblication).

Goodman R., 1973 - *Honey Flora of Victoria*. Department of Agriculture, Victoria.

Goodman R., 2001 - *Beekeepers' Use of Honey and Pollen Flora Resources in Victoria*. Rural Industries Research and Development Corporation. Canberra. Publication No. 01/050. www.rirdc.gov.au.

Guj R., 1974 - Eucalyptus grandis *Hill ex Maiden, as honey plant in South Africa*. - South Africa Bee Journal, 46 (1): 6-7.

Hingstonl A.B., Potts B.M., 1998 - *Floral visitors of* Eucalyptus globulus *subsp.* globulus *in eastern Tasmania.* – Tasforesfs, I0: 125-139.

Laudonia S., 2006 - *Un nuovo psillide su eucalipto*. - L'Informatore Agrario, 62(9): 89.

Laudonia S., Garonna A.P., 2010 - *The red gum lerp psyllid,* Glycaspis brimblecombei*, a new exotic pest of* Eucalyptus camaldulensis *in Italy.* - Bulletin of Insectology, 63(2): 233-236.

Laudonia S., Sasso R., 2012 - *The bronze bug* Thaumastocoris peregrinus*: a new insect recorded in Italy, damaging to Eucalyptus trees*. - Bulletin of Insectology, 65(1): 89-93.

Lupo A., Eisikowitch D., 1990 - Eucalyptus erythrocoris*: a source of nectar and pollen for honey bees in Israel.* – Apidologie, 21(1): 25-33.

Martos I., Ferreres F., Yao L., D'Arcy B., Caffin N., Tomás-Barberán F.A., 2000 - *Flavonoids in monospecific eucalyptus honeys from Australia*. - Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 4744–4748.

Moncur M.W., Kleinschmidt G.J., 1992 - *A role for honeybees in Eucalyptus plantations.* Forestry Symposium Bordeaux, France.

Paine T.D., Millar J.G., Daane K.M., 2010 - *Accumulation of Pest Insects on Eucalyptus in California: Random Process or Smoking Gun.* - Journal of Economic Entomology, 103(6): 1943-1949.

Paine T.D., Steinbauer M.J., Lawson S.A., 2011 - *Native and exotic pests of eucalyptus: a worldwide perspective*. - Annual Review of Entomology, 56(1): 181-201.

Palmieri N., Grillenzoni F., Corvucci F., Gazziola F., Ferrazzi P., Ricciardelli D'Albore G., Piana L., Floris I., 2020 – *Honey diversity*. In: Italian Apiculture, a Journey through the History and Honey Diversity. Ed. I. Floris. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia (in press).

Persano-Oddo L., Piro R., 2004 - *Main European unifloral honeys: Descriptive sheets.* - Apidologie, 35(1): 38-81.

Ricciardelli D'Albore G., Persano Oddo L., 1978 - *Flora Apistica Italiana*. Istituto sperimentale per la zoologia agraria, Firenze.

Rodríguez Flores M.S., Escuredo Pérez O., Seijo Coello M.C., 2014 - *Characterization of* Eucalyptus globulus *honeys produced in the Eurosiberian area of the Iberian peninsula.* - International Journal of Food Properties, 17: 2177-2191.

Sanzana M.J., Parra L.E., Benítez H.A., Espejo J., 2012 - *Entomofauna polinizadora de* Eucalyptus nitens *en huertos semilleros del centro sur de Chile [Pollinator insects of* Eucalyptus nitens *in a clonal seed orchard in South Central Chile].* – Bosqua, 33(1): 25-31.

Somerville D.C., 1998 – *State Forests. A valuable beekeeping Resource*. ANU, Forestry Research Colloquium, February.

Sommerville D., 2010 - *Forestry Plantations and Honeybees*. RIRDC Publication No. 10/076 (June 2010) Ed. Rural Industries Research and Development Corporation. ISBN 978-1-74254-047-4 - ISSN 1440-6845: 27 pp.

Utelli A.B., Roy B.A., 2000 - *Pollinator abundance and behavior on* Aconitum lycoctonum *(Ranunculaceae): an analysis of the quantity and quality components of pollination*. – Oikos, 89(3): 461-470.

176 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 177-180

MALATTIE EMERGENTI DELL'EUCALIPTO IN ITALIA

BENEDETTO T. LINALDEDDU [a]

[a] *Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova, Viale dell'Università 16, 35020, Legnaro (PD), Italy;* e-mail: benedetto.linaldeddu@unipd.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

Emerging diseases of eucalypts in Italy

The increasing occurrence of invasive and exotic plant pathogenic oomycetes and fungi in Italy is impacting severally rural livelihoods and biodiversity of natural and semi-natural ecosystems. Here it is provided an overview of emerging pathogens targeting eucalypt plantations. Scientific data concerning this growing emergency are until now limited to Sardinian formations. An improved knowledge of taxonomy, distribution and damage caused by these organisms to national scale will be crucial for developing suitable strategies to manage these emerging diseases.

KEY WORDS: exotic species, invasive plant pathogenic oomycetes and fungi.

INTRODUZIONE

Il genere *Eucalyptus* è un importante raggruppamento tassonomico di piante arboree ed arbustive che racchiude circa 700 specie, la maggior parte delle quali native dell'Australia. Qui, le piante di eucalipto caratterizzano oltre il 70% delle formazioni boschive e rappresentano la componente chiave di vari ecosistemi forestali, fornendo cibo e habitat per una miriade di animali e microrganismi (AUSTIN e MEYERS, 1996; LADIGES *et al*., 2003; THORNHILL *et al*., 2019). Nel corso degli ultimi due secoli l'elevata adattabilità ecologica delle piante di eucalipto e l'ottima qualità del legname da loro prodotto ne hanno favorito la diffusione su scala globale (MARTIN, 2003). In Italia sono state introdotte varie specie di eucalipto fin dagli inizi del 1800, dapprima con scopi ornamentali all'interno di parchi e giardini e, successivamente, con finalità produttive su territori anche vasti di diverse regioni dell'Italia centro-meridionale, tanto da divenire col tempo parte integrante del paesaggio rurale.

Sotto il profilo sanitario, numerose avversità biotiche concorrono ad insidiare la produttività e la consistenza degli impianti di eucalipto. In particolare, importanti malattie causate sia da patogeni fungini, quali *Teratosphaeria* (=*Mycosphaerella*) *nubilosa* (LUNDQUIST, 1987), *Austropuccinia psidii* (PLESSIS *et al*., 2019) e *Neofusicoccum parvum* (GEZAHGNE *et al*., 2004), sia da oomiceti fitopatogeni come *Phytophthora cinnamomi* (DAVISON, 2015) arrecano danni gravi di natura economica ed ecologica in tutti gli areali di coltivazione dell'eucalipto.

Per quanto riguarda più da vicino la situazione fitosanitaria degli impianti di eucalipto in Italia, nell'ultimo decennio si è avuta una rapida diffusione di forme di deperimento negli impianti produttivi, nelle formazioni adibite a fasce frangivento e nelle alberature stradali della Sardegna. Le ricerche effettuate per chiarire l'eziologia dei quadri sintomatologici riscontrati hanno consentito di accertare per la prima volta in Italia la presenza di infezioni causate da patogeni esotici ed invasivi afferenti alla famiglia delle *Botryosphaeriaceae* e al genere *Phytophthora* (DEIDDA *et al*., 2015, 2016).

CANCRI E DISECCAMENTI DA *BOTRYOSPHAERIACEAE*

A partire dal 2010 è stata riscontrata una malattia grave, nuova per l'Italia, su piante sia giovani sia adulte di *Eucalyptus camaldulensis*. Le piante colpite manifestano un graduale declino vegetativo con disseccamento progressivo di rami e branche (Fig. 1a). Lungo le branche e il fusto si formano cancri dall'aspetto depresso, in corrispondenza dei quali la rimozione della corteccia lascia intravvedere lesioni necrotiche bruno-scure nei tessuti legnosi più interni. La sezione trasversale degli organi colpiti mette in evidenza un caratteristico settore necrotico a forma di "V" che si estende progressivamente su porzioni sempre più ampie di tessuti corticali e legnosi, causando il disseccamento delle parti distali (Fig. 1b).

Tali quadri sintomatologici sono molto simili a quelli recentemente descritti su varie specie di eucalipto interessate da attacchi di *Botryosphaeriaceae* in

– Pubblicato marzo 2020

Fig. 1 – Principali quadri sintomatologici causati dagli attacchi di *Botryosphaeriaceae* su piante di *Eucalyptus camaldulensis*: disseccamento di rami e branche con progressiva rarefazione della chioma (a); sezione trasversale di una branca con in evidenza i settori necrotici a forma di "V" in corrispondenza dei cancri (b). Morfologia della colonia di *Neofusicoccum australe* dopo 4 giorni di crescita a 25°C su PDA (c).

Australia e Sudafrica (Wingfield *et al*., 2008; Slippers *et al*., 2009).

Anche dalle indagini effettuate in Sardegna è emerso che nell'eziologia dei cancri e disseccamenti degli organi legnosi di piante di eucalipto sono coinvolti diversi patogeni fungini appartenenti alla famiglia delle *Botryosphaeriaceae*, il più aggressivo dei quali appare il *Neofusicoccum australe* (Fig. 1c), un patogeno polifago nativo dell'Australia (Burgess *et al*., 2006).

Marciumi radicali e moria da *Phytophthora*

A partire dal 2014, in alcune piantagioni di *Eucalyptus camaldulensis* della Sardegna centro-meridionale sono state riscontrate piante con sintomi di microfillia, clorosi e necrosi lungo il fusto e al colletto, spesso associate ad essudazioni nerastre (Fig. 2a, b, c). Inizialmente questi sintomi sono stati attribuiti ad attacchi di *Phytophthora alticola*, una specie patogena recentemente descritta in Sudafrica su *Eucaliptus* spp. (Maseko *et al*., 2007; Deidda *et al*., 2015).

Successive indagini, effettuate negli stessi impianti di *E. camaldulensis* visitati cinque anni prima, hanno consentito di accertare anche la presenza di un altro patogeno, *Phytophthora plurivora* (Fig. 2d, e), una specie polifaga coinvolta nel deperimento e moria di numerose specie arboree di interesse forestale in Europa (Haque *et al*., 2014; Mora-Sala *et al*., 2019). Questa è la prima segnalazione di *P. plurivora* su eucalipto in Italia. Di certo, la diffusione di *P. alticola* e *P. plurivora* nelle piantagioni di eucalipto rappresenta una nuova e seria minaccia per lo sfruttamento produttivo di questa importante risorsa forestale.

Conclusioni

L'elevata polifagia e la numerosità delle specie patogene ed invasive recentemente rinvenute nelle piantagioni di eucalipto deperenti della Sardegna, oltre a rimarcare la gravità del problema fitosanitario di queste formazioni, sottolineano l'elevato rischio di diffusione di patogeni potenzialmente dannosi anche alle coltivazioni agrarie adiacenti agli impianti di eucalipto.

Al fine di prevenire l'ulteriore insorgenza di malattie

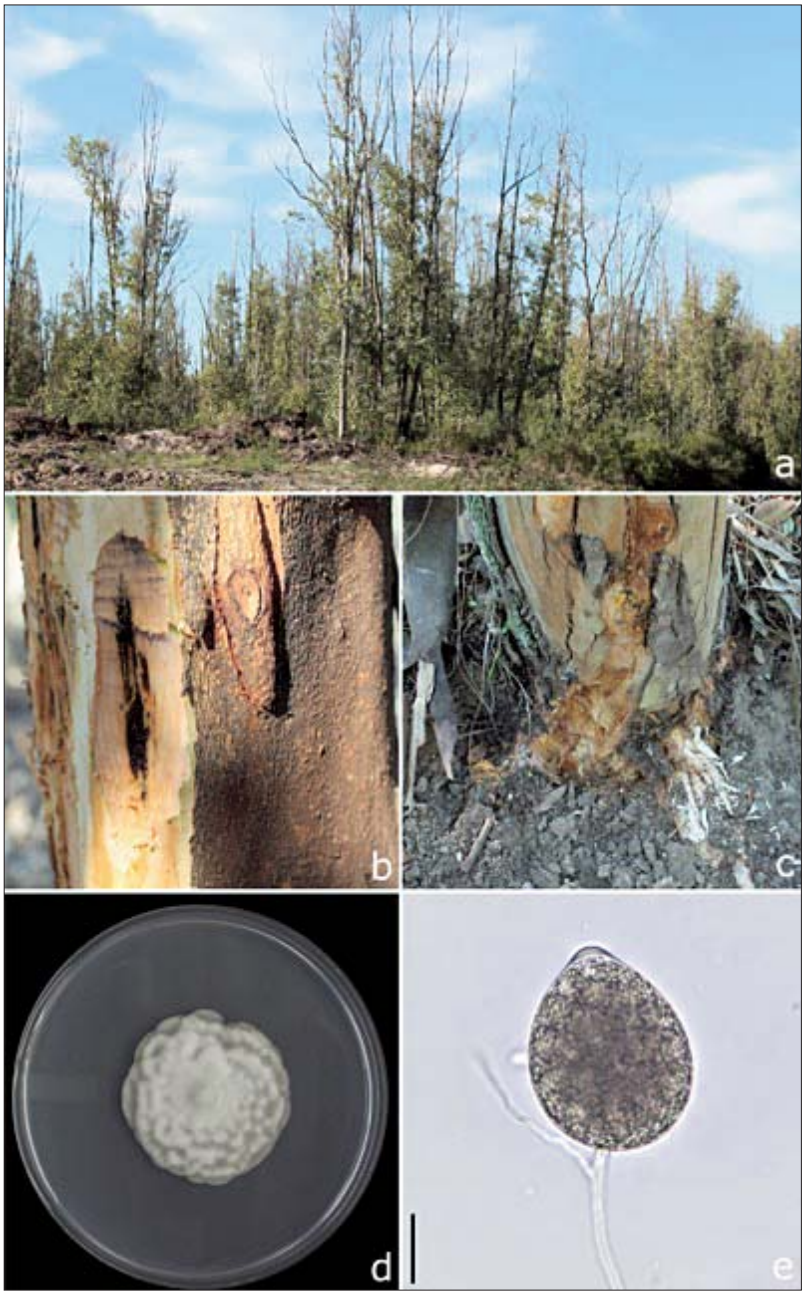


Fig. 2 – Principali quadri sintomatologici causati dagli attacchi di *Phytophthora* spp. su piante di *Eucalyptus camaldulensis*: rarefazione della chioma, disseccamento progressivo di rami e comparsa di getti epicormici su fusto e branche (a); particolare delle necrosi sotto corticali a livello del fusto (b) e del colletto (c). Morfologia della colonia di *Phytophthora plurivora* dopo 7 giorni di crescita a 20°C su PDA (d); particolare di uno sporangio persistente e semipapillato (e). La barra della scala indica 20 µm

nei popolamenti di eucalipto sarebbe auspicabile l'adozione di un piano di monitoraggio fitosanitario su scala nazionale e lo sviluppo di nuovi strumenti diagnostici utili nell'intercettare la presenza dei patogeni più pericolosi nel materiale di propagazione anche asintomatico.

BIBLIOGRAFIA

Austin M.P., Meyers J.A., 1996 – *Current approaches to modelling the environmental niche of eucalypts: implications for management of forest biodiversity*. - For. Ecol. Manage., 85: 95-106.

Burgess T.I., Sakalidis M.L., Hardy G.E.S., 2006 – *Gene flow of the canker pathogen* Botryosphaeria australis *between* Eucalyptus globulus *plantations and native eucalypt forests in Western. Australia*. - Austral. Ecol., 31: 559-566.

Deidda A., Linaldeddu B.T., Scanu B., Franceschini A., 2015 – Neofusicoccum australe *and* Phytophthora alticola*: the main pathogens associated with declining* Eucalyptus camaldulensis *trees in Sardinia (Italy)*. - Phytopatol. Mediter., 54(1): 150.

Deidda A., Buffa F., Linaldeddu B.T., Pinna C., Scanu B., Deiana V., Satta A., Franceschini A., Floris I., 2016 – *Emerging pests and diseases threaten* Eucalyptus camaldulensis *plantations in Sardinia, Italy*. - iForest, 9: 883-891.

du Plessis E., Granados G.M., Barnes I., Ho W.H., Alexander B.J.R., Roux J., McTaggart A.R., 2019 – *The pandemic strain of* Austropuccinia psidii *causes myrtle rust in New Zealand and Singapore*. - Australas. Plant Path., 48: 253-256.

Gezahgne A., Roux J., Slippers B., Wingfield M.J., 2004 – *Identification of the causal agent of* Botryosphaeria *stem*

canker in Ethiopian Eucalyptus plantations. - S. Afr. J. Bot., 70: 241-248.

Haque M.M., Martínez-Álvarez P., Lomba J.M., Martín-García J., Diez J.J., 2014 – *First report of* Phytophthora plurivora *causing collar rot on common alder in Spain*. - Plant Dis., 98: 425-425.

Ladiges P.Y., Udovicic F., Nelson G., 2003 – *Australian biogeographic connections and the phylogeny of large genera in the plant family* Myrtaceae. - J. Biogeogr., 30: 989-998.

Lundquist J.E., Purnell R.C., 1987 – *Effects of Mycosphaerella leaf spot on growth of* Eucalyptus nitens. - Plant Dis., 71: 1025-1029.

Martin B., 2003 – Eucalyptus: *a strategic forest tree*. In: Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development (Wei R-P, Xu D, eds). World Scientific Singapore, pp. 3-18.

Maseko B., Coutinho T.A., Burgess T.I., Wingfield B.D., Wingfield M.J., 2007 – *Two new species of* Phytophthora *from South African eucalypt plantations*. - Mycol. Res., 111: 1321-1338.

Mora-Sala B., Gramaje D., Abad-Campos P., Berbegal M., 2019 – *Diversity of* Phytophthora *species associated with* Quercus ilex *L. in three Spanish regions evaluated by NGS*. - Forests, 10: 979.

Slippers B., Burgess T., Pavlic D., Ahumada R., Maleme H., Mohali S., Rodas C., Wingfield M.J., 2009 – *A diverse assemblage of* Botryosphaeriaceae *infect* Eucalyptus *in native and non-native environments*. - South. For., 71: 101-110.

Thornhill A.H., Crisp M.D., Külheim C., Lam K.E., Nelson L.A., Yeates D.K.F., Miller J.T., 2019 – *A dated molecular perspective of eucalypt taxonomy, evolution and diversification*. - Aust. Syst. Bot., 32: 29-48.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 181-185

UN PROGETTO PER UN *EUCALYPTUS SENTINEL GARDEN* NELLA RETE INTERNAZIONALE IPSN (INTERNATIONAL PLANT SENTINEL NETWORK)

GIUSEPPE BRUNDU [a] - ARTURO COCCO [a] - GIOVANNI PIRAS [b] - IGNAZIO FLORIS [a]

[a] *Dipartimento di Agraria, Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università di Sassari, Viale Italia 39, 07100 Sassari (Italia);* e-mail: ifloris@uniss.it
[b] *Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato della Difesa dell'Ambiente,Servizio tutela della natura e politiche forestali, Via Roma 80, 09123 Cagliari (Italia)*
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Avversità e interesse apistico dell'eucalipto in ambiente mediterraneo". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 14 giugno 2019.

A project for a Eucalyptus sentinel garden *in the* International Plant Sentinel Network *(IPSN)*

The sentinel garden is an increasingly widespread strategy tool for early identification of plant pests before they spread becoming a risk to other species of major economic interest. Moreover, the use of sentinel gardens can strengthen and improve pest risk analysis by reporting little-known invasive organisms and revealing numerous new host plant-phytophagous associations. The increase in the number of alien insects on *Eucalyptus* sp.pl. has been among the highest in Europe and worldwide, and the quarantine protocols have proved ineffective in limiting the spread of invasive insects. Sentinel *Eucalyptus* plants are therefore a suitable option for early warning of new introductions prior to their spread. During 2019, seeds of 50 *Eucalyptus* species (the most common in the Mediterranean area) were acquired from the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - Australian Tree Seed Center (CSIRO-ATSC) and planted in greenhouses at the Fo.Re.S.T.A.S. Regional Agency nursery in Campulongu (OR). An area of about 4 hectares was allocated with the aim to establish in 2020 the sentinel garden, which has already joined the International Plant Sentinel Network (IPSN).

KEY WORDS: specie aliene invasive, monitoraggio, prevenzione, valutazione del rischio.

ASPETTI GENERALI ED APPLICATIVI SUI *SENTINEL GARDENS*

Il commercio di piante vive, in particolare ornamentali, è considerato la via principale d'introduzione per organismi nocivi (virus, batteri, funghi e insetti) con il rischio di conseguenti danni all'agricoltura, alle foreste ed al paesaggio (LIEBOLD *et al.*, 2012). Ogni anno, il numero di piante vive e quello di specie vegetali commercializzate aumenta, rappresentando nuove minacce per l'ambiente e per l'economia a livello mondiale. Nonostante i controlli in atto (Direttiva n. 2000/29/CE, D. Lgs. n. 214/2005 e ss.mm.ii.) ed i vigenti divieti di introduzione per molte piante e prodotti vegetali in tutti gli stati membri dell'Unione Europea da Paesi non europei, i confini dell'Europa, e particolarmente dell'Italia, risultano piuttosto permeabili e vulnerabili (ESCHEN *et al.*, 2015; KLAPWIJK *et al.*, 2016). Numerosi sono gli esempi riportati in letteratura, anche di recente, sulla crescente incidenza di questo problema a livello fitosanitario (BRADLEY *et al.*, 2012).

Le analisi del rischio fitosanitario effettuate sono spesso limitate ai parassiti o agenti patogeni più noti o probabili, di cui le piante importate possono essere vettori. Le analisi si basano su ricerche in letteratura, e sono quindi condizionate dalle conoscenze acquisite, talvolta incomplete, piuttosto che su riscontri diretti sulla reale più vasta gamma di potenziali minacce. Numerosi insetti e funghi invasivi recentemente introdotti in Europa non erano noti per essere dannosi nel loro areale di origine e non erano, dunque, soggetti a nessuna misura fitosanitaria di controllo (VETTRAINO *et al.*, 2015). Alcune di queste specie non erano neppure note prima della loro introduzione. L'associazione pianta ospite-fitofagi può riguardare decine o centinaia di specie, la gran parte delle quali non segnalate in letteratura, con alcuni casi di possibile adattamento su specie native (ROQUES *et al.*, 2015).

Il *sentinel garden* rappresenta una strategia sempre più diffusa per segnalare tempestivamente o identificare i parassiti delle piante in una particolare regione prima della loro diffusione. Questa tecnica consente di monitorare gli insetti o i patogeni che si possono sviluppare su una determinata specie vegetale e costituire un rischio anche per altre specie di rilevante interesse economico. Per questo motivo, l'impiego di *sentinel garden ex patria* di specie vegetali europee si sta sviluppando nelle aree di origine dei parassiti, soprattutto l'Asia, con l'obiettivo di identificare insetti e fitofagi potenzialmente invasivi prima della loro introduzione (ROQUES *et al.*, 2015; VETTRAINO *et al.*, 2015; ESCHEN *et al.*, 2019). Ad esempio, nel caso della piralide del bosso, *Cydalima perspectalis*, possono essere impiegati i vivai sentinella, impiantati nelle regioni di esportazione

– Pubblicato marzo 2020

per evidenziare eventuali parassiti che verrebbero diffusi attraverso il commercio (Kenis *et al.*, 2018). Queste forme di monitoraggio permanente consentono di superare i limiti delle conoscenze acquisite e documentate, fornendo un quadro più realistico dei rischi potenziali e le piante ospiti più soggette a infestazioni da organismi alieni.

L'uso di *sentinel gardens in patria* ed *ex patria* può rafforzare e migliorare le procedure di valutazione del rischio (*pest risk analysis*) segnalando organismi invasivi poco noti (Mansfield *et al.*, 2019), contribuire ad aumentare le conoscenze sulla biologia di fitofagi poco studiati e rivelare numerose nuove associazioni pianta ospite-fitofago (Eschen *et al.*, 2019). I *sentinel gardens* ubicati in ambiente urbano che utilizzano arboreti e giardini botanici esistenti, svolgono anche un essenziale ruolo di segnalazione precoce delle invasioni biologiche (Paap *et al.*, 2017). Infatti, le aree urbane, vista la vicinanza a porti e aeroporti e l'alta diversità di specie coltivate, sono siti di indagine prioritari in quanto facilitano l'acclimatamento di specie invasive sin dalle prime fasi successive al loro arrivo (Branco *et al.*, 2019).

Un ulteriore enorme vantaggio del ricorso ai *sentinel gardens* è quello di acquisire conoscenze su parassiti e patogeni associati ad una data pianta in modo da consentire ai paesi importatori di adottare opportune misure di prevenzione fitosanitaria (inclusione nelle liste di quarantena, ispezioni mirate), e di sviluppare nuovi protocolli di rilevamento e di gestione delle invasioni rapidi ed efficaci. È il caso di studi preventivi su organismi di grande rilevanza fitosanitaria, *Xylella fastidiosa* e il suo vettore *Homalodisca vitripennis*, condotti in California per conoscere la suscettibilità di piante native della Nuova Zelanda dove il complesso batterio-vettore non è presente (Groenteman *et al.*, 2015). Infine, consentirebbe anche ai paesi esportatori di identificare meglio i parassiti specifici su cui concentrare l'individuazione e i trattamenti fitosanitari nella fase che precede l'esportazione.

Gli eucalitti, dopo la loro introduzione in Europa, sono stati ampiamente impiegati come piante ornamentali e industriali senza essere minacciati da fitofagi parassiti per circa due secoli (Floris *et al.*, 2018). Il motivo è da ricercarsi nel commercio/esportazione delle piante, che avveniva principalmente come seme. L'evoluzione del commercio globale ha determinato l'introduzione inizialmente di insetti xilofagi (commercio di legname) e, più recentemente, di fitofagi localizzati sulle foglie (commercio di piante a fini ornamentali e da fronda) (Roques, 2015).

L'incremento di segnalazioni di insetti alieni su *Eucalyptus* sp.pl. è stato tra i più alti in Europa (Roques, 2015) e nel mondo (Hurley *et al.*, 2016), e i protocolli di quarantena si sono mostrati inefficaci a limitare la diffusione degli insetti invasivi. Impianti di eucalitti sentinella rappresentano dunque una opzione per la segnalazione precoce di nuove introduzioni prima della loro diffusione.

Il progetto di *Eucalyptus sentinel garden* in Sardegna

La famiglia *Myrtaceae* Jussieu, *nom. cons*. comprende al suo interno un elevato numero di specie legnose (circa 5500), suddivise in 144 generi e 17 tribù (Bayly *et al.*, 2013; Vasconcelos *et al.*, 2017). La distribuzione attuale interessa prevalentemente l'emisfero meridionale. Si tratta di una famiglia che include un certo numero di generi molto conosciuti e di grande interesse economico, come ad esempio il genere *Eucalyptus* L'Hér.

Gli eucalitti sono alberi iconici, in larga parte endemici dell'Australia. Il genere include circa 800 specie, tra cui sono presenti alcuni degli esemplari arborei più alti del pianeta (*E. regnans*) secondi solo alle sequoie americane. Un gran numero di specie ha enorme importanza in campo forestale sia nelle regioni temperate che in quelle tropicali e subtropicali di tutto il mondo (*E. globulus, E. grandis, E. nitens,* e *E. deglupta*) e sono infatti coltivati su un totale di circa 20 milioni di ettari. Gli eucalitti sono stati però introdotti anche per tutta una serie di altri usi. La prima introduzione per l'Italia si fa tradizionalmente risalire alla fine del XVIII secolo, presso i giardini della Reggia di Caserta (Agostini, 1953; Mughini, 2016).

Gli eucalitti furono anche largamente impiegati nella costituzione di fasce frangivento nel corso delle bonifiche idrauliche, attuate negli anni '30 del secolo scorso, come quelle dell'Agro Pontino nel Lazio e di Arborea in Sardegna (Pavari e De Philippis, 1941; Mughini, 2016) ma furono anche ampiamente utilizzati in tutti i paesi che si affacciano sul bacino del Mediterraneo e nelle isole maggiori (e.g., Goes, 1960; Streets, 1962).

In effetti, una ricerca bibliografica e documentale realizzata preliminarmente alla progettazione dell'*Eucalyptus sentinel garden* in Sardegna ha permesso di censire le oltre 200 specie di eucalitto (in senso lato) che, in epoche diverse e per varie finalità, sono state introdotte nei 21 paesi che si affacciano sul Mediterraneo. Sulla base di questo censimento sono state scelte le 50 specie più comuni, ovvero introdotte nel maggior numero di nazioni (Tabella1) per poterle inserire nel *sentinel garden*.

Nel corso del 2019 si è proceduto all'acquisizione di semi dal *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - Australian Tree Seed Center* (CSIRO-ATSC) ed alle semine in serra presso il vivaio

Tabella 1 – Elenco delle specie di *Eucalyptus* e *Corymbia* utilizzate per il *sentinel garden* di Campulungu (OR).

Specie e principali sinonimi
Eucalyptus amplifolia Naudin
Eucalyptus amygdalina Labill. [*Eucalyptus salicifolia* Cav.]
Eucalyptus astringens (Maiden) Maiden
Eucalyptus bicolor A.Cunn. ex Hook. [*Eucalyptus parviflora* F.Muell.] [*Eucalyptus largiflorens* F.Muell.]
Eucalyptus botryoides Sm.
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. s.l. [*Eucalyptus rostrata* Schltdl.]
Eucalyptus capitellata Sm. [*Eucalyptus triantha* Link]
Eucalyptus cinerea F.Muell. ex Benth.
Eucalyptus citriodora Hook. [*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson]
Eucalyptus cladocalyx F.Muell. [*Eucalyptus corynocalyx* F.Muell.]
Eucalyptus coccifera Hook.f.
Eucalyptus cordata Labill.
Eucalyptus cornuta Labill.
Eucalyptus crebra F.Muell.
Eucalyptus dalrympleana Maiden.
Eucalyptus delegatensis F.Muell. ex R.T.Baker
Eucalyptus delegatensis F.Muell. ex R.T.Baker subsp. *tasmaniensis* Boland [*Eucalyptus gigantea* Hook.f.]
Eucalyptus diversicolor F.Muell. [*Eucalyptus colossea* F.Muell.]
Eucalyptus dives Schauer
Eucalyptus elata Dehnh. [*Eucalyptus andreana* Naudin]
Eucalyptus eugenioides Sieber ex Spreng. [*Eucalyptus acervula* Sieber ex DC.]
Eucalyptus ficifolia F.Muell. [*Corymbia ficifolia* (F.Muell.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson]
Eucalyptus globulus Labill. subsp. *bicostata* (Maiden, Blakely & Simmonds) J.B.Kirkp. [*Eucalyptus bicostata* Maiden]
Eucalyptus globulus Labill. subsp. *globulus*
Eucalyptus globulus Labill. subsp. *maidenii* (F.Muell.) J.B.Kirkp. [Eucalyptus *maidenii* F.Muell.]
Eucalyptus gomphocephala A.Cunn. ex DC.
Eucalyptus goniocalyx F.Muell. ex Miq. [*Eucalyptus elaeophora* F.Muell.]
Eucalyptus grandis W.Hill
Eucalyptus gunnii Hook.f.
Eucalyptus leucoxylon F.Muell. [*Eucalyptus gracilipes Naudin*]
Eucalyptus longifolia Link
Eucalyptus macarthurii H.Deane & Maiden
Eucalyptus macrocarpa Hook.
Eucalyptus maculata Hook. [*Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson]
Eucalyptus marginata Donn ex Sm.
Eucalyptus melliodora A.Cunn. ex Schauer [*Eucalyptus caerulescens* Naudin]
Eucalyptus microtheca F.Muell.
Eucalyptus moluccana Wall. ex Roxb. [*Eucalyptus hemiphloia Benth.*]
Eucalyptus obliqua L'Hér.
Eucalyptus occidentalis Endl.
Eucalyptus ovata Labill. [*Eucalyptus mulleri* Naudin] [*Eucalyptus stuartiana* F.Muell. ex Miq.]
Eucalyptus paniculata Sm.
Eucalyptus pauciflora Sieber ex Spreng. [*Eucalyptus coriacea* A.Cunn. ex Schauer]
Eucalyptus pilularis Sm. [*Eucalyptus persicifolia* Lodd.]
Eucalyptus polyanthemos Schauer
Eucalyptus pulverulenta Sims
Eucalyptus regnans F.Muell.
Eucalyptus resinifera Sm.
Eucalyptus robusta Sm.

dell'Agenzia regionale Fo.Re.S.T.A.S. in località Campulongu (OR). Nella stessa azienda è stata individuata anche l'area, di circa 4 ettari, dove si procederà all'impianto, nel 2020, per la realizzazione del *sentinel garden* (Fig. 1). Sin dal 2019 l'*Eucalyptus sentinel garden* aderisce a *International Plant Sentinel Network* (IPSN), un network che raggruppa giardini botanici, arboreti, organizzazioni per la protezione delle piante e ricercatori (Barham *et al.*, 2016).

RINGRAZIAMENTI

Il programma di tutela fitosanitaria delle specie di *Eucalyptus* per le finalità di sopravvivenza dei popolamenti regionali ed il mantenimento del settore delle produzioni mielistiche regionali è stato approvato con Deliberazione di Giunta regionale n. 34/28 del 03/07/2018 della Regione Autonoma della Sardegna. Si ringrazia inoltre L'Agenzia regionale Fo.Re.S.T.A.S.

Figura 1 – Panoramica del campo destinato al *sentinel garden* e fasi di preparazione delle piantine (2019) presso il vivaio Fo.Re.S.T.A.S. (Campulongu, OR).

BIBLIOGRAFIA

Agostini R., 1953 – *Cenni storici sulla introduzione degli eucalitti in Italia*. - Italia Forest. Mont., 8: 117-122.

Barham E., Sharrock S., Lane C., Baker R., 2016 – *The international plant sentinel network: a tool for regional and national plant protection organizations*. - EPPO Bull., 46: 156-162.

Bayly M.J., Rigault P., Spokevicius A., Ladiges P.Y., Ades P.K., Anderson C., Bossinger, G., Merchant A., Udovicic F., Woodrow I., Tibbits J., 2013 – *Chloroplast genome analysis of Australian eucalypts* – Eucalyptus, Corymbia, Angophora, Allosyncarpia *and* Stockwellia *(*Myrtaceae*)*. - Mol. Phylogenet. Evol., 69: 704-716.

Bradley B.A. Blumenthal D.M., Early R., Grosholz E.D., Lawler J.J., Miller L.P., Sorte C.J.B., D'Antonio C.M., Diez J.M., Dukes J.S., Ibanez, I., Olden J.D., 2012 – *Global change, global trade, and the next wave of plant invasions*. - Front. Ecol. Environ., 10: 20-28.

Branco M., Nunes P., Roques A., Fernandes M.R., Orazio C., Jactel H., 2019 *Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects*. - NeoBiota, 52: 25-46.

Eschen R.R., Britton K., Brockerhoff E., Burgess T., Dalley V., Epanchin-Niell R.S., Gupta K., Hardy G., Huang Y., Kenis M., Kimani, E., Li H.-M., Olsen S., Ormrod R., Otieno W., Sadof C., Tadeu E., Theyse M., 2015 – *International variation in phytosanitary legislation and regulations governing importation of live plants*. - Environ. Sci. Policy, 51: 228-237.

Eschen R., O'Hanlon R., Santini A., Vannini A., Roques A., Kirichenko N., Kenis M., 2019 – *Safeguarding global plant health: the rise of sentinels*. - Journal of Pest Science, 92(1): 29-36.

Floris I., Cocco A., Buffa F., Mannu R., Satta A., 2018 -

Insect pest of Eucalyptus plantations in Sardinia (Italy). - Redia, 101: 61-71.

Goes O.E., 1960 – *Os Eucalyptus in Portugal. I. Identificaçâo e monografia de 90 espéces*. Direcção-Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa, 301 pp.

Groenteman R., Forgie S.A., Hoddle M.S., Ward D.F., Goeke D.F., Anand N., 2015 – *Assessing invasion threats: novel insect-pathogen-natural enemy associations with native New Zealand plants in southern California*. - Biol. Invasions, 17: 1299-1305.

Kenis M., Li H., Fan J.T., Courtial B., Auger-Rozenberg M.A., Yart A., Eschen R., Roques A., 2018 – *Sentinel nurseries to assess the phytosanitary risks from insect pests on importations of live plants*. - Sci. Rep., 8: 1-8.

Klapwijk M.J., Hopkins A.J., Eriksson L., Pettersson M., Schroeder M., Lindelöw Å., Rönnberg J., Keskitalo E.C.H., Kenis M., 2016 – *Reducing the risk of invasive forest pests and pathogens: Combining legislation, targeted management and public awareness*. - Ambio, 45(suppl. 2): S223-S234.

Hurley B.P., Garnas, J., Wingfield M.J., Branco M., Richardson D.M., Slippers B., 2016 – *Increasing numbers and intercontinental spread of invasive insects on eucalypts*. - Biol. Invasions, 8: 921-933.

Liebhold A.M., Brockerhoff E.G., Garrett L.J., Parke J.L. Britton K.O., 2012 – *Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US*. - Front. Ecol. Environ., 10: 135-143.

Mansfield S., McNeill M.R., Aalders L.T., Bell N.L., Kean J.M., Barratt B.I.P., Boyd-Wilson K., Teulon D.A.J., 2019 – *The value of sentinel plants for risk assessment and surveillance to support biosecurity*. - NeoBiota, 48: 1-24.

Mughini, G., 2016 – *Suggerimenti per una eucalitticoltura clonale sostenibile nelle aree a clima mediterraneo dell'Italia centro-meridionale*. - Forest@ 13: 47-58.

Paap T., Burgess T.I., Wingfield M.J., 2017 – *Urban trees: bridge-heads for forest pest invasions and sentinels for early detection*. - Biol. Invasions, 19: 3515-3526.

Pavari A., De Philippis A., 1941 – *La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia*. Ann. Sperim. Agrar., Vol. 38, Hoepli, Roma, 648 pp.

Streets R.J., 1962 – *Exotic Forest Trees in the British Commonwealth*. Clarendon Press, Oxford, UK, 765 pp.

Roques A., 2015 – *Drivers and pathways of forest insect invasions in Europe, can we predict the next arrivals?* - Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., LXIII: 145-150.

Roques A., Fan, J.-T., Courtial B., Zhang Y.-Z., Yart A., Auger-Rozenberg M.-A, Denux O., Kenis M., Baker R., Sun J.-H., 2015 – *Planting sentinel European trees in Eastern Asia as a novel method to identify potential insect pest invaders*. - PLoS One, 10: e0120864.

Vasconcelos T.N.C., Proença C.E.B., Ahmad B., Aguilar D.S., Aguilar R., Amorim B.S., Campbell K., Costa I.R., De-Carvalho P.S., Faria J.E.Q., Giaretta A., Kooij P.W., Limam D.F., Mazine F.F., Peguero B., Prenner G., Santos M.F., Soewarto J., Wingler A., Lucas E.J., 2017 – *Myrteae phylogeny, calibration, biogeography and diversification patterns: Increased understanding in the most species rich tribe of Myrtaceae*. - Mol. Phylogenet. Evol., 109: 113-137.

Vettraino A.M., Roques A., Yart A., Fan J.-T., Sun J.-H., Vannini A., 2015 – *Sentinel trees as a tool to forecast invasions of alien plant pathogens*. - PLoS One, 10: e0120571.

186 - Pagina bianca

Seduta pubblica, Firenze 15 novembre 2019

Tavola Rotonda su:

NUOVE TECNOLOGIE PER LA DIFESA DELLE DERRATE ALIMENTARI

Coordinatori:

Giacinto Salvatore Germinara, Accademico

188 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 189-193

STRUMENTI DECISIONALI E INTEGRATED PEST MANAGEMENT NELLE FILIERE ALIMENTARI

PASQUALE TREMATERRA[a]

[a] *Dipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti – Università degli Studi del Molise, Via De Sanctis – 86100 Campobasso;* e-mail: trema@unimol.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Decision support tools and Integrated Pest Management in food chains

Current practices that influence pest presence and development in food industry facilities have been identified in the stages of food plant construction, food ingredient reception and storage, processing or conditioning of finished food, and marketing. The preventive pest control measures in the food industry may be ineffective because of a non-observance of simple rules of good manufacturing practice, such as permanent control and monitoring of critical points or unsafe practices favourable to pest entry and infestation in food plants. The underutilization of methods for rapid assessment of pest presence and movement within food industry facilities, as well as the inability to rely on pest monitoring data for the economic damage threshold (EDT), are also underlined. Practical tools for processing data from pest monitoring systems should improve pest presence detection and alert. More realistic EDTs need to be proposed with direct links to decision-making support. More practical predictive models are also required for predicting the long-term efficacy and resilience of corrective control methods in food processing buildings, which should render the implementation of complex Integrated Pest Management programs easier.

KEY WORDS: Decision support tools, Integrated Pest Management, food chains.

PREMESSA

La difesa dalle infestazioni nell'industria alimentare è in continua e rapida evoluzione (TREMATERRA e FLUERAT-LESSARD, 2015). In tale ambito sempre più frequentemente viene richiesto di ottemperare, oltre che alle normative Comunitarie e nazionali, anche a standard internazionali, in particolare codificati da Britisch Retail Consortium (BRC Food) e International Food Standard (IFS Food), per la certificazione di qualità nella filiera di fornitura di prodotti alla grande distribuzione organizzata. L'obiettivo comune è di rispondere al progetto quadro indicato dalla Global Food Safety Initiative (GFSI) (TREMATERRA, 2013).

Verso la fine del 2015 un gruppo internazionale di esperti ha pubblicato un saggio di rassegna riferito a otto principi dell'Unione Europea in merito all'Integrated Pest Management (IPM). Il documento offre a ricercatori, consulenti e produttori un approccio per applicare tali requisiti legali in modo intelligente, così da promuovere l'innovazione locale e al tempo stesso ridurre la dipendenza dai pesticidi e i rischi ad essi associati (BARZMAN *et al.,* 2015). Il processo proposto necessita studio, adattamento e modifica di molte pratiche cominciando dalla gestione agricola; inoltre, richiede particolare attenzione su aspetti non tecnici come l'ambiente sociale in cui gli agricoltori operano, l'apprendimento collettivo e la propensione per i piccoli passi anziché per i cambiamenti drastici (TREMATERRA, 2016).

Di recente anche l'industria alimentare ha iniziato a prendere le distanze dalle fumigazioni strutturali e dalle applicazioni di pesticidi chimici a scadenze prestabilite (lotta a calendario), per avvicinarsi all'Integrated Pest Management. Il cambiamento ha avuto impulso oltre che dalla messa a bando del Bromuro di metile (cfr. protocollo di Montreal, 1987), anche dalla domanda da parte dei consumatori di un minore uso di sostanze chimiche di sintesi, dallo sviluppo di tecnologie di "interventi di precisione" e dalle Direttive Europee in merito alla presenza degli animali infestanti.

Tali tendenze, in parte antagoniste (minore affidamento sui pesticidi e un loro ridotto uso da una parte, richiesta di prodotti alimentari sicuri dall'altra) mettono in luce una delle sfide più importanti che le filiere dell'industria alimentare dovranno affrontate nel futuro.

L'INTEGRATED PEST MANAGEMENT NELLE FILIERE DELL'INDUSTRIA INDUSTRIA ALIMENTARE

Le aziende alimentari sono in genere strutture complesse di grandi dimensioni, con molti punti vulnerabili alle infestazioni da parte soprattutto di artropodi e roditori, e di altri ospiti indesiderati. Tali aziende sono diverse tra loro per funzione, materie prime ospitate,

– Pubblicato marzo 2020

prodotti generati, tipo di struttura, apparecchiature, posizione geografica, ambiente circostante, e per altri fattori ancora. Il che rende molto difficile formulare generalizzazioni sulla corretta gestione degli animali infestanti.

Infatti, la situazione degli infestanti deve essere precisata in funzione di un luogo specifico e un programma di IPM deve essere definito su misura per ogni località, ma in modo sufficientemente flessibile da potersi adattare a condizioni mutevoli. Anche se l'IPM fa parte di un prerequisito per un impianto di produzione alimentare, in molti casi può essere ulteriormente implementato con maggior efficacia.

Una componente importante nella difesa dalle infestazioni è certamente il monitoraggio. Mediante il monitoraggio e gli strumenti di supporto alle decisioni come le soglie di danno, i modelli previsionali e i sistemi esperti per stabilire il momento migliore in cui sopprimere le popolazioni di parassiti, si possono evitare perdite economiche e spese non necessarie per la gestione complessiva degli animali infestanti (insetti, acari, roditori, uccelli, etc.).

L'individuazione precoce di una infestazione è una componente essenziale nei programmi di gestione degli infestanti. In generale, un monitoraggio efficace richiede una combinazione di strategie di cattura, ma poiché le singole trappole sono solo sorgenti puntuali di informazione, esiste sempre più un grande interesse per metodi alternativi che prevedono l'estensione di una infestazione in un impianto complesso. Al riguardo si possono usare simulazioni con modelli elaborabili al computer, per confrontare l'efficacia di metodi diversi di gestione degli infestanti, presi singolarmente o in combinazione tra di loro. Tali modelli si utilizzano anche per valutare l'efficacia di opzioni implementative differenti e per ottimizzare la loro distribuzione temporale nello spazio.

Una realizzazione completa dell'approccio IPM richiede un impegno maggiore rispetto ad altri tipi di programmi di lotta agli infestanti ma, una volta messo in opera, può essere utilizzato per prendere decisioni più affidabili e di maggiore durata nella protezione della filiera coinvolta. Purtroppo, molti dati preliminari di riferimento che si trovano nella letteratura tecnica e scientifica sono stati ottenuti in condizioni di laboratorio, perciò le informazioni sulla loro attendibilità e integrazione in situazioni pratiche-operative sono piuttosto limitate e vanno, di volta in volta, accertate e verificate.

Al riguardo, un responsabile, o operatore, di Pest Managemet deve conoscere, tra l'altro: la struttura e i processi in atto nell'impianto di produzione alimentare in cui si trova a lavorare; la tassonomia, il comportamento, l'ecologia e la biologia delle specie infestanti; l'uso efficace degli strumenti di monitoraggio e di gestione delle infestazioni.

L'ecologia degli animali che attaccano le derrate conservate e i prodotti alimentari finiti e, di conseguenza, il programma di difesa necessario, sono probabilmente specifici per singola filiera, per ciascuna posizione nel sistema di mercato e per ogni volta in cui gli ospiti indesiderati devono essere gestiti. In tale ottica i programmi di Integrated Pest Management a livello territoriale possono risultare importanti per ridurre il numero complessivo degli infestanti ubiquitari e in ultima analisi per limitare i costi della loro gestione.

Inoltre, l'implementazione, necessaria, di un programma di Pest Management richiede un buon livello di collaborazione e fiducia fra quanti lavorano nel controllo qualità dell'industria alimentare e quanti operano nell'azienda che fornisce i servizi di Pest Control.

Peculiarità e difficoltà nell'applicazione dell'Integrated Pest Management in ambito alimentare

Molte attività e strumenti decisionali, compresi in un programma di Integrated Pest Management, sono noti e disponibili all'uso, ma talvolta sono limitate le conoscenze su come realizzarne l'integrazione nell'ambito di una gestione complessiva. La loro corretta adozione, infatti, è spesso ostacolata da una mancata o scarsa conoscenza delle popolazioni infestanti presenti negli ambienti, le quali risultano spazialmente e temporalmente complesse, in cui i prodotti alimentari vengono elaborati e conservati; oltre che dalle limitate informazioni circa la loro efficacia in situazioni pratiche e su come selezionare e combinare nel modo migliore i metodi e gli strumenti di gestione.

Infatti, non sono note e stabilite le soglie di trattamento e i livelli di danno economico tollerabili per le diverse situazioni reali, ed è difficile applicare standard e criteri di "rifiuto". Nella pratica operativa, molti impianti fanno ancora affidamento su applicazioni calendarizzate di pesticidi e non hanno una buona comprensione delle basi dell'IPM. Nel complesso, questo atteggiamento sta cambiando, ma per i motivi riportati il Pest Management degli animali infestanti che danneggiano i prodotti immagazzinati e gli alimenti finiti presenta alcune caratteristiche peculiari, rispetto a quanto si verifica nelle fasi di coltivazione e di preraccolta in campo aperto.

La combinazione tra fluttuazioni frequenti e imprevedibili delle popolazioni infestanti (dovuta alla rapida circolazione e sostituzione dei prodotti delle materie prime o alla natura temporanea dei sistemi di immagazzinamento e di trasformazione) e la relazione non coerente fra i dati ricavati dagli strumenti di monitoraggio e la reale densità degli infestanti, sono i motivi principali per cui gli approcci IPM

Fig. 1 – Sacco PICS; dispenser feromonico per confusione sessuale e per auto-confusione sessuale di lepidotteri; trappole elettroniche per il monitoraggio di lepidotteri e di coleotteri; attrezzatura per il controllo di gas tossico a rilascio controllato; esempio di mappe di distribuzione spazio temporale di insetti in una riseria.

Tabella 1 - Individuazione dei punti critici (CCP) di entrata degli infestanti nelle strutture dell'industria alimentare.

Azioni per la gestione dei rischi	**Strumento innovativo**	**Principale vantaggio**	**Principale vincolo**
Individuazione dei punti critici (CCP) attraverso i quali gli infestanti possono penetrare nella struttura	Interpretazione dei dati di una rete di trappole distribuite con sistema di posizionamento GPS	Individuazione accurata del nucleo (hot spot) dell'infestazione	Codice a barre e posizionamento GPS di ogni trappola
	Localizzazione dei punti di infestazione mediante mappe di distribuzione spazio-temporale	Localizzazione accurata delle merci infestate	Elaborazione settimanale dei dati

Tabella 2 - Misure di esclusione degli infestanti e prevenzione dei rischi.

Azioni per la gestione dei rischi	**Strumento innovativo**	**Principale vantaggio**	**Principale vincolo**
Misure di risanamento, in particolare nei punti di entrata degli infestanti, ispezione e sorveglianza dei CCP identificati. Regolazione delle condizioni fisiche	Adozione di basse temperature e controllo dell'umidità nelle aree di lavoro, quando sulla catena sono presenti alimenti a libero accesso	Il trattamento correttivo non è necessario	Aria condizionata in tutti i locali della struttura
	Materiali e strutture degli imballaggi resistenti agli insetti, per i prodotti alimentari in commercio	Protezione dagli infestanti nei canali di marketing	Saggi biologici per verificare le proprietà di resistenza degli imballaggi all'attacco da insetti

Tabella 3 – Monitoraggio permanente e prevenzione dei rischi.

Azioni per la gestione dei rischi	Strumento innovativo	Principale vantaggio	Principale vincolo
Individuazione dei punti di infestazione all'interno delle strutture, nelle apparecchiature e nei macchinari per la lavorazione	Strategie potenziate nell'uso dei feromoni per cattura massiva e lure-and-kill	Mezzi di controllo efficaci soprattutto per gli insetti volanti	Mezzi di sorveglianza efficaci solo per gli insetti volanti
	Permeazione delle strutture con feromone per la confusione sessuale oppure applicazione dell'auto-confusione	Efficace contro gli insetti volanti	Riduzione lenta della popolazione di insetti infestanti, attività piuttosto costosa
	Uso di dispositivi elettronici capaci di rilevare livelli molto bassi di infestanti nei prodotti sfusi	Rilevazione precoce, soprattutto per gli infestanti dei cereali	Utile solo per il rilievo di insetti in prodotti sfusi
	Previsione delle variazioni della presenza dei parassiti nel tempo mediante modelli predittivi	Calcolo del tempo di conservazione, prima del raggiungimento delle soglie di danno	Raccolta giornaliera dei dati di temperatura e umidità per il funzionamento del modello

Tabella 4 – Applicazione delle misure di gestione dell'infestazione quando sono state raggiunte le soglie di danno.

Azioni per la gestione dei rischi	Strumento innovativo	Principale vantaggio	Principale vincolo
Selezione di soluzioni non chimiche incentivando l'uso del controllo biologico	Uso di trappole a feromone per l'auto-inoculo di un pesticida microbico	Dispositivo auto-funzionante	Costoso e lento in azione
	Miglioramento dell'efficacia dei pesticidi registrati, in combinazione con prodotti minerali o bio-razionali	Minor rischio di presenza di residui chimici negli alimenti	Azione preventiva, ridotto effetto curativo
	Sostituzione dei trattamenti spaziali chimici con agenti di bio-controllo e bio-pesticidi	Controllo mirato di alcuni infestanti rispetto ai pesticidi di sintesi	Difficoltà di registrazione per l'impiego negli impianti di trasformazione alimentare
	Uso dei trattamenti fisici in alternativa alla fumigazione (microonde, congelamento temporaneo, atmosfera controllata o modificata)	Processo di disinfestazione senza resistenza né effetto residuo	Competitivo solo per prodotti di alto valore (ad es. spezie, frutta secca e piante medicinali)
	Nuovi fumiganti per la disinfestazione dell'intera struttura (SO_2F_2, ioduro di metile, etil formiato ...)	Disinfestazione completa di erbe, spezie o depositi alimentari in un'unica fumigazione	E' richiesta una tenuta stagna minima degli edifici; riluttanza dei manager
	Uso di pesticidi naturali di origine microbica o fungina, estratti vegetali o oli essenziali	Breve periodo di persistenza (attività e odori) per gli oli essenziali più volatili	Difficoltà di registrazione
	Nuova formulazione o rilascio controllato di gas fosfina mediante apparecchiature automatiche	Implementazione e controllo più pratici delle dosi fumiganti	I manager sono riluttanti e usano gas tossici ad alta concentrazione
	Sostituzione della fumigazione degli impianti di trasformazione alimentare mediante disinfestazione termica	Disinfestazione completa con una sola applicazione	Arresto dell'attività lavorativa per tre o più giorni

vengono implementati raramente e con difficoltà nei sistemi delle filiere alimentari.

Si aggiunge che sussistono anche gravi carenze e molte lacune nelle conoscenze derivanti direttamente dalla ricerca scientifica, che rallentano o ostacolano l'accettazione e la realizzazione dei programmi IPM nell'industria. Le carenze riguardano soprattutto lo sviluppo di programmi di campionamento e le soglie di intervento più raffinati. In proposito, esiste una forte perplessità nel convertire le ricerche sull'IPM in strumenti "amici di supporto alle decisioni", se non sono stati prima sviluppati e convalidati in situazioni di pratica operativa.

Per quanto riguarda la stessa industria alimentare, spesso vi è riluttanza o mancanza di interesse per un abbandono dei trattamenti a calendario, realizzati con pesticidi, a favore di un approccio più integrato; questo comportamento, in gran parte, è dovuto al

timore, talvolta giustificabile, di compiere errori nel controllo degli infestanti, in un settore con una soglia di tolleranza estremamente bassa, spesso prossima o uguale a zero!!!

Ad esempio, la natura artificiale delle strutture e degli ambienti delle filiere alimentari, e la necessaria bassa tolleranza per la presenza di animali ospiti indesiderati, in molte situazioni, fanno si che l'IPM si basi meno sul favorire una regolazione delle popolazioni infestanti – utilizzando i loro nemici naturali nella lotta biologica – e ponga maggiormente l'attenzione e l'accento sulle possibili modifiche ambientali da apportare per render meno favorevole l'insediamento e la permanenza degli infestanti (Trematerra e Fleurat-Lessard, 2015).

L'adozione e l'integrazione di due o più strumenti differenti di gestione, e una selezione accurata di approcci diversi, con una loro attenta distribuzione nel tempo e nello spazio, insieme ad una migliore consapevolezza del comportamento e dell'ecologia degli infestanti, può avere come risultato una maggiore e duratura efficacia. Ad esempio, il calore combinato con polvere di diatomee riduce la temperatura necessaria per eliminare gli artropodi che infestano i prodotti immagazzinati. Come pure, le temperature elevate che si raggiungono durante un trattamento termico non hanno effetto negativo sui biocidi di contatto quali le polveri bagnabili a base di idroprene e ciflutrin, e forse hanno un impatto positivo circa la tossicità del primo.

In tal senso, sono state esplorate tecniche di autoinoculazione mediante esche alimentari e feromoni, che attirano gli insetti in modo che questi raccolgano il patogeno e lo disseminino nell'ambiente.

Nel controllo degli scarafaggi che infestano i macchinari e gli ambienti sono state ottenute interazioni sinergiche combinando *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* con polveri inerti. L'efficacia delle diatomee e dello spinosad nei cereali è stata dimostrata da vari autori.

I feromoni sessuali, per *Ephestia cautella*, *E. kuehniella*, *Plodia interpunctella*, *Lasioderma serricorne*, *Trogoderma granarium* e *T. variabile*, e i feromoni di aggregazione, per *Tribolium castaneum* e *T. confusum*, possono essere combinati con oli naturali attrattivi incrementando e ampliando la loro attività.

Nel futuro le ricerche dovranno ottimizzare e sviluppare altri composti semiochimici che siano di ausilio nel monitoraggio e nel controllo di alcuni infestanti e forniscano nuovi strumenti di lotta. Sotto questo profilo, future combinazioni di repellenti e attrattivi, per la protezione delle derrate e degli alimenti, potranno essere usate anche in tattiche push-pull.

Recentemente, Trematerra *et al.* (2017) hanno documentato, con risultati positivi, l'azione combinata della confusione sessuale e l'attività parassitoide di *Habrobracon hebetor* nel controllo, rispettivamente, di adulti e larve di *P. interpunctella* in una fabbrica di cioccolato.

Nel complesso, tuttavia, nell'adozione dell'IPM è utile rimarcare che un'importante operazione preliminare ad ogni forma di intervento di gestione delle infestazioni è l'analisi accurata degli edifici nelle parti esterne e interne, delle strutture, dei macchinari e dei processi produttivi che caratterizzano l'azienda alimentare in cui ci si trova ad operare.

BIBLIOGRAFIA

Barzmann M., Barberi P., Birch A.N.E., Boonekamp P., Dachbrodt-Saaydeh S., Graf B., Hommel B., Jensen J.E., Kiss J., Kudsk P., Lamichhanne J.R., Messéan A., Moonen A.c:, Ratnadass A., Ricci P., Sarah J.L., Sattin M., 2015 – *Eight principles of integrated pest management*. - Agronomy for Susteinable Development, 35 (4): 1199-1215.

Trematerra P., 2013 - *Aspects related to decision support tools and Integrated Pest Management in food chains*. - Food Control, 34: 733-742.

Trematerra P., 2016 - *Remarks on Integrated Pest management in Food Chain*. - Entomol. Ornitol. Herpetol., 5 (2): 1-2.

Trematerra P., Fleurat-Lessard F., 2015 - *Food industry practices affecting pest management*. - Stewart Postharvest Review, 12: 1-7.

Trematerra P., Oliviero A., Savoldelli S., Schöller M., 2017 - *Controlling infestation of a chocolate factory by* Plodia interpunctella *by combining mating disruption and the parasitoid* Habrobracon hebetor. - Insect Science, 24 (3): 503-510.

194 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 195-199

LA RESISTENZA AI BIOCIDI NEGLI INSETTI DI INTERESSE MERCEOLOGICO/URBANO

EMANUELE MAZZONI [a]

[a] *Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili (DI.PRO.VE.S.) - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - via Emilia parmense 84, 29122 Piacenza;* e-mail: emanuele.mazzoni@unicatt.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Insecticide resistance in urban and stored product pests

A general overview of insecticide resistance mechanisms in stored product and urban pests is given. The most important cases of metabolic and target site resistance are discussed and recent discoveries about the resistance mechanisms to phosphine in Coleoptera are presented.

KEY WORDS: insecticide resistance, resistance mechanisms, phosphine, pyrethroids.

INTRODUZIONE

La selezione e l'affermarsi di popolazioni di artropodi resistenti ai prodotti utilizzati per limitarne la crescita e la dannosità è un problema che vede una continua crescita della sua importanza. Dalla prima segnalazione "ufficiale" ormai più di un secolo fa (MELANDER, 1914), e il verificarsi di casi relativamente sporadici fino agli anni '40 del secolo scorso si è poi assistito, in concomitanza con l'introduzione dei principi attivi di sintesi, in particolare cloroderivati organici ed esteri fosforici, ad una crescita molto significativa dei casi di resistenza agli insetticidi (SPARKS e NAUEN, 2015). Se i primi casi erano relativi in modo particolare ad insetti di interesse medico veterinario, successivamente si sono registrati importanti e progressivi incrementi nel numero di casi specie di interesse agrario (FORGASH, 1984). Lo studio dei fenomeni di resistenza in molte specie di artropodi è in genere passato da osservazioni di campo a indagini tossicologiche di laboratorio, allo studio e caratterizzazione dei meccanismi di resistenza attraverso tecniche via via più sofisticate, allo scopo di sviluppare strategie efficaci per prevenirne o ritardarne lo sviluppo della resistenza e, nel caso in cui questi fenomeni si manifestano, anche porre in atto sistemi efficaci di contrasto (DEVONSHIRE, 1989; BASS *et al.,* 2014; PANINI *et al.,* 2015; COLLINS e SCHLIPALIUS, 2018).

Secondo PARKING (1965), tra gli insetti delle derrate il problema della resistenza sarebbe stato meno grave rispetto alle specie di interesse medico-veterinario. A questo avrebbero contribuito il numero di generazioni relativamente ridotto, le metodologie adottate per applicare gli insetticidi residuali, la percentuale limitata di derrate e di insetti trattati ed anche i continui movimenti delle derrate. Tutto ciò significava una ridotta pressione di selezione e inoltre garantiva, seppure in modo non esattamente quantificabile, un certo ricambio e re-immigrazione continua di esemplari "sensibili" che contribuivano a "diluire" gli eventuali fenomeni di resistenza. Infine prodotti come il bromuro di metile garantivano una efficacia del 100%. Nonostante queste considerazioni già allora venivano segnalati vari casi di resistenza in specie di significativo interesse nei confronti delle piretrine, del malathion e di altri principi attivi di uso corrente (PARKING, 1965). La mancanza di popolazioni di riferimento di cui siano noti i livelli di sensibilità di base e la standardizzazione dei metodi di biosaggio per stimare le relazioni "dose-mortalità" era e rimane ancora oggi uno dei principali limiti per la corretta valutazione dei risultati di molte indagini.

Da questa prima review le conoscenze si sono ampliate e purtroppo il numero di casi di effettiva e consistente mancanza di efficacia degli insetticidi è cresciuta a conferma che le specie di Artropodi infestanti le derrate o gli ambienti della loro lavorazione, principalmente insetti, non sfuggono a queste problematiche anche se, le specie di insetti strettamente legati alle derrate non figurano tra le specie per le quali è riportato il maggior numero di casi ufficialmente segnalati di resistenza (WHALON *et al.*, 2008; SPARKS e NAUEN, 2015).

– Pubblicato marzo 2020

I meccanismi di resistenza

Ad oggi molti dei meccanismi di resistenza che si sono selezionati in queste specie sono gli stessi che sono noti per specie di interesse agricolo o medico-veterinario (Boyier *et al.*, 2012).

I principali e più noti i meccanismi di resistenza riguardano vari livelli dell'interazione tra il principio attivo ed il suo bersaglio. Troviamo quindi anche tra gli insetti delle derrate resistenze di tipo comportamentale, metabolico e causate dall'insensibilità del sito bersaglio (Boyier *et al.,* 2012).

Resistenza comportamentale

La resistenza comportamentale è stata più volte ipotizzata anche se le conferme sperimentali ottenute con studi specifici non sono particolarmente numerose probabilmente legate a risultati non particolarmente promettenti (Boyier *et al.*, 2012). La resistenza comportamentale deriverebbe da cambiamenti nelle abitudini della specie interessata che spingono ad evitare le aree trattate o a cessare l'alimentazione sui substrati contaminati (Gatton *et al.*, 2013). Le popolazioni che manifestano queste forme di resistenza spesso sono in grado di identificare l'insetticida a concentrazioni inferiori rispetto alle popolazioni normali (Sparks *et al.*, 1989; Yu, 2008). In *Tribolium castaneum* (Coleptera, Tenebrionidae) sono stati identificate popolazioni che grazie a forme di resistenza comportamentale sono in grado di sopravvivere a trattamenti con farine di diatomee (Rigaux *et al.*, 2001).

Resistenza metabolica

La resistenza metabolica è una forma di difesa molto comune tra gli insetti ed è basata sull'azione di sistemi enzimatici che agiscono sequestrando e/o detossificando le molecole del principio attivo prima che queste possano giungere al loro sito bersaglio (Panini *et al.*, 2016). In molte specie di insetti, in particolare quelle più generaliste, gli enzimi coinvolti nella resistenza metabolica sono quelli che si sono sviluppati ed evoluti per proteggere i fitofagi dalle tossine delle piante (alcaloidi, terpeni, fenoli, ecc) in modo di consentire loro di superare le difese delle piante di cui si nutrivano (Gatehouse, 2002; War *et al.*, 2012; Heidel-Fischer e Vogel, 2015; Rane *et al.*, 2016;Dermauw *et al.*, 2018). Le indicazioni preliminari della presenza di questi meccanismi di resistenza sono stati spesso ottenute abbinando all'insetticida, nei biosaggi, molecole ad effetto sinergizzante quali il piperonil butossido in grado di inibire l'azione di alcuni di questi sistemi enzimatici.

Questi enzimi sono in grado di effettuare una detossificazione del composto tossico ma anche di trasformarli in forme più facilmente eliminabili grazie a forme mutate con maggior attività catalitica o a fenomeni di amplificazione genica o a incrementi di trascrizione (Panini *et al.*, 2016).

Normalmente le grandi famiglie multigeniche delle esterasi, delle ossidasi e delle glutathione S-transferasi sono coinvolte nelle forme di resistenza metabolica. Negli insetti di interesse merceologico / urbano il coinvolgimento delle esterasi è stato individuato in varie specie tra cui anche popolazioni di *Blattella germanica* (Dictyoptera, Blattellidae) resistenti ai piretroidi anche se è possibile che altri meccanismi possano essere coinvolti in condizioni o specie differenti (Hemingway *et al.*, 1993; Valles *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2000; Ali e Turner, 2001; Zhu *et al.,* 2016). Il coinvolgimento delle esterasi è stato ipotizzato anche come meccanismo di resistenza nei confronti degli esteri fosforici ad esempio in *T. confusum* (Wool e Front; 2003; Riaz *et al.*, 2018).

Anche molte monossigenasi P450 dipendenti risultano coinvolte in vari casi di resistenza in molte specie di insetti (Boyier *et al.*, 2012; Naqqash *et al.*, 2016; Zhu *et al.*, 2016). È comunque molto probabile che in molti casi ci si trovi di fronte a forme di resistenza multipla e/o moltiplicata (Karaagac e Konus, 2015; Karaagac e Konus, 2016).

Resistenze per insensibilità del sito bersaglio

Le modificazioni del sito bersaglio di un insetticida possono conferire livelli molto elevati di resistenza, spesso di almeno un ordine di grandezza più gradi di quelli ottenibili con meccanismi metabolici di resistenza. Questi meccanismi di resistenza sono inoltre molto più specifici nei confronti di singole classi di principi attivi caratterizzate da un determinato meccanismo d'azione (Sparks e Nauen, 2015).

Anche tra gli insetti di interesse merceologico/urbano non mancano casi di resistenza riconducibili a modifiche del sito bersaglio degli insetticidi utilizzati (Boyier *et al.*, 2012; Mazzoni *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 2016). Considerando la notevole importanza che i piretroidi hanno nelle strategie di lotta contro gli insetti dannosi in ambito merceologico ed urbano, le mutazioni nella sequenza del gene codificante il loro bersaglio, il canale del sodio, sono particolarmente preoccupanti (Field *et al.*, 2017). L'elenco delle possibili mutazioni nella sequenza del gene codificante il canale sodio è in generale piuttosto lunga (Dong *et al.*, 2014). In moltissime specie di insetti due mutazioni sono ampiamente condivise: L1014F, comunemente indicata come *kdr*, e M918T, indicata come *super-kdr*. Tuttavia sono state trovate varie altre mutazioni il cui effetto biologico è spesso in parte ancora da definire (Rinkevich

et al., 2013; Dong *et al.*, 2014). Le mutazioni riscontrate nei principali insetti di interesse sono riportate nella tabella seguente (Tab. 1). In *M. domestica* è tuttavia noto un effetto crescente delle varie mutazioni per cui è stato riscontrato che i livelli di resistenza conferito dalla mutazione L1014H (o *kdr-his*) sono relativamente bassi mentre i fattori di resistenza crescono normalmente passando alla mutazione L1014F (*kdr*) a L1014F + M918T (*super-kdr*) anche se per alcuni principi attivi questo non si verifica (Sun *et al.,* 2016; Scott, 2019).

Tab.1 – Mutazioni nella sequenza del canale del sodio riscontrate in alcune specie di interesse mereceologico / urbano.

Specie	Mutazione	Riferimento
Blattella germanica	L1014F	Miyazaki *et al.*, 1996
	F1020S	Pridgeon *et al.*, 2002
	D59G+E435K+C785R+L1014F+P1999L	Liu *et al.*, 2000
Musca domestica	L1014H	Liu and Pridgeon, 2002
	L1014F	Williamson *et al.*, 1996
	L1014F+M918T	Williamson *et al.*, 1996
	L1014F+M918T+D600N	Sun *et al.*, 2017
	L1014F+T929I	Sun *et al.*, 2017
Sitophilus zeamais	T929I	Araujo *et al.*, 2011

Resistenza alla fosfina

Con la messa al bando del bromuro di metile, la fosfina (fosfuro di idrogeno, PH_3) è rimasta una delle poche alternative per le fumigazioni delle derrate. Secondo Manoj e colleghi (2020) la fosfina presenta una serie di vantaggi rispetto agli altri prodotti fumiganti oggi presenti sul mercato: bassi costi di utilizzo, formulazioni commerciali facilmente gestibili e che garantiscono rapidità e sicurezza di applicazione e soprattutto la mancanza di residui nelle derrate trattate.

Queste caratteristiche hanno reso la fosfina un prodotto chiave per la difesa contro gli infestanti delle derrate. Tuttavia il suo largo utilizza ha selezionato nel tempo svariate popolazioni di differenti specie di insetti (soprattutto Coleotteri ma anche uno Psocottero) con livelli significativi di resistenza e talvolta con ampie distribuzioni internazionali (Manoj *et al.,* 2020).

Studi genetici hanno evidenziato che la resistenza alla fosfina è legata a 2 loci indicati rispettivamente come *rph1* e *rph2*. I due loci sono recessivi ma agiscono in sinergia. Infatti in condizioni di omozigosi il livello di resistenza che ciascun locus fornisce quando è isolato dall'altro, non è particolarmente elevato. Il fattore di resistenza prodotto da *rph1*, alla $LD_{99.9}$, è circa 50 mentre il fattore di resistenza prodotto da *rph2* è circa 12. Tuttavia la combinazione rph1+rph2 porta il fattore di resistenza a circa 250 (Schlipalius *et al.*, 2002). Ulteriori studi hanno consentito di abbinare il locus *rph2* all'enzima "dihydrolipoamide dehydrogenase" (DLD) (Schlipalius *et al.*, 2012) e il locus *rph1* a una "cytochrome b5 fatty acid desaturase" (Cyt-b5-r) (Jagadeesan *et al.,* 2013; Schlipalius *et al.*, 2018).

Il modello proposto da Schlipalius e colleghi (2018) per spiegare i livelli di resistenza osservati deriva dal meccanismo d'azione della fosfina e l'effetto sinergico causato dalle mutazioni nei due loci deriverebbe da due distinte reazioni in cui è coinvolta la fosfina stessa. In popolazioni sensibili la fosfina induce la formazione di radicali e perossidi e quindi porta a perossidazione dei lipidi: gli acidi grassi poli-insaturi a lunga catena sono facilmente aggrediti con formazione di prodotti tossici come il 4-hydroxynonenale (4-HNE) che inibisce vari sistemi tra cui il complesso IV e la stessa DLD. La DLD inibita produce ulteriori «specie reattive dell'ossigeno» (ROS) e incrementa la perossidazione. Infine la citocromo b5 desaturasi (Cyt-b5-r) incrementa la quantità di acidi grassi poli-insaturi che vengono trasformati aumentando l'effetto tossico.

Le mutazioni riscontrate nella DLD delle specie resistenti riducono la produzione di ROS mentre quelle della citocromo b5 desaturasi riducono il contenuto di acidi grassi polinsaturi nelle membrane cellulari spezzando quindi l'effetto sinergico della tossicità della fosfina.

Conclusioni

La quasi totalità degli studi sulla presenza, diffusione e meccanismi di resistenza non sono stati condotti in Europa. In Italia risultano alcune indagini basate su biosaggi su popolazioni di *Tribolium* spp. (Rofrano *et al.*, 2009; Rossi *et al.*, 2010). Tali mancanze conoscitive rendono impossibile effettuare una valutazione della situazione e di conseguenza una corretta implementazione di programmi di Integrated Pest Management e di strategie di lotta efficaci anche nel mitigare e/o ritardare la diffusione di ceppi resistenti.

BIBLIOGRAFIA

Ali N., Turner B., 2001 - *Allozyme polymorphism and variability in permethrin tolerance in British populations of the parthenogenetic stored product pest* Liposcelis bostrychophila *(Liposcelididae, Psocoptera)*. - J. Stored Prod. Res., 37: 111-125.

Araujo R.A., Williamson M.S., Bass C., Field L.M., Duce I.R., 2011 - *Pyrethroid resistance in* Sitophilus zeamais *is associated with a mutation (T929I) in the voltage-gated sodium channel.* - Insect Mol. Biol., 20: 437-445.

Bass C., Puinean M., Zimmer T.C., Denholm I., Field L.M., Foster S.P., Gutbrod O., Nauen R., Slater R., Williamson M.S., 2014 - *The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid,* Myzus persicae. - Insect Biochem. Mol. Biol., 51: 41-51.

Boyer S., Zhang H., Lempérière G., 2012 - *A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects*. - Bull. Ent. Res., 102: 213-229.

Collins P.J., Schlipalius D.I., 2018 - *Insecticide Resistance*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, Athanassiou C.G., Arthur F. H. (eds.), Springer-Verlag GmbH, Berlin, D, pp. 169-182

Dermauw W., Pym A., Bass C., Van Leeuwen T., Feyereisen R., 2018 - *Does host plant adaptation lead to pesticide resistance in generalist herbivores?* - Current Opinion in Insect Science, 26: 25-33.

Devonshire A., 1989 - *Insecticide resistance in* Myzus persicae*: From Field to Gene and Back Again*. - Pestic. Sci., 26: 375-382.

Dong K., Du Y., Rinkevich F., Nomura Y., Xu P., Wang L., Silver K., Zhorov B. S., 2014 - *Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance.* - Insect Biochemistry and Molecular Biology, 50: 1-17.

Field L.M., Emyr Davies T.G., O'Reilly A.O., Williamson M.S., Wallace B.A., 2017 - *Voltage-gated sodium channels as targets for pyrethroid insecticides.* - Eur. Biophys. J., 46: 675 -679.

Forgash A.J., 1984 - *History, evolution and consequences of insecticide resistance*. - Pest Biochem. Physiol., 22: 178-186.

Gatehouse J.A., 2002 - *Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction*. - New Phytol., 156: 145–169.

Gatton M.L., Chitnis N., Churcher T., Donnelly M.J., Ghani A.C., Godfray H.C., Gould F., Hastings I., Marshall J., Ranson H., Rowland M., Shaman J., Lindsay S.W., 2013 - *The importance of mosquito behavioural adaptations to malaria control in Africa*. - Evolution, 67: 1218-1230.

Heidel-Fischer H.M., Vogel H., 2015 - *Molecular mechanisms of insect adaptation to plant secondary compounds*. - Curr. Opin. Ins. Sci., 8: 8-14.

Hemingway J., Dunbar S.J., Monro A.G., Small G.J., 1993 - *Pyrethroid resistance in German cockroaches (Dictyoptera: Blattelidae): resistance levels and underlying mechanisms.* - J. Econ. Entomol., 86: 1631-1638.

Jagadeesan R., Fotheringham A., Ebert P.R., Schlipalius D.I., 2013 - *Rapid genome wide mapping of phosphine resistance loci by a simple regional averaging analysis in the red flour beetle,* Tribolium castaneum. - BMC Genom., 14: 650–662.

Karaagac S.U., Konus M., 2015 - *Determination of organophosphate resistance status and mechanism in* Sitophilus zeamais *Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) from Turkey.* - Turkish Journal of Biochemistry, 40: 417-422.

Karaagac S.U., Konus M., 2016 - *Determination of possible detoxification mechanisms of insecticide resistance in* Tribolium castaneum *(Herbst) populations from Turkey.* - Fresenius Environmental Bulletin, 25: 3768-3774.

Lee C.Y., Hemingway J., Yap H.H., Chong N.L., 2000 - *Biochemical characterization of insecticide resistance in the German cockroach,* Blattella germanica*, from Malaysia.* - Medical and Veterinary Entomology, 14: 11-18.

Liu N., Pridgeon J.W., 2002 - *Metabolic detoxication and the kdr mutation in pyrethroid resistant house flies,* Musca domestica *(L.)*. - Pestic. Biochem. Physiol., 73: 157-163.

Liu Z., Valles S.M., Dong K., 2000 - *Novel point mutations in the German cockroach para sodium channel gene are associated with knockdown resistance (kdr) to pyrethroid insecticides*. - Insect Biochem. Mol. Biol., 30: 991-997.

Manoj K. Nayak M.K., Daglish G.J., Phillips T.V., Ebert P.R., 2020 - *Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: a global perspective.*- Ann. Rev. Entomol., 65: 333-350.

Mazzoni E., Chiesa O., Puggioni V., Panini M., Manicardi G.C., Bizzaro D., 2015 - *Presence of* kdr *and* s-kdr *resistance in* Musca domestica *populations collected in Piacenza province (Northern Italy).* - Bulletin of Insectology, 68: 65-72.

Melander A.L., 1914 - *Can insects become resistant to sprays?* - J. Econ. Entomol., 7: 167-173.

Miyazaki M., Ohyama K., Dunlap D.Y., Matsumura F., 1996 - *Cloning and sequencing of the para-type sodium channel gene from susceptible and kdr-resistant German cockroaches (*Blattella germanica*) and house fly (*Musca domestica*)*. - Mol. Gen. Genet., 252: 61-68.

Naqqash M.N., Gökçe A., Bakhsh A., Salim M., 2016 - *Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests*. - Parasitol. Res., 115:1363-1373.

Panini M., Anaclerio M., Puggioni V., Stagnati L., Nauen R., Mazzoni E., 2015 - *Presence and impact of allelic variations of two alternative* s-kdr *mutations, M918T and M918L, in the voltage-gated sodium channel of the green peach aphid* Myzus persicae. - Pest Manag. Sci., 71: 878-884.

Panini M., Manicardi G.C., Moores G., Mazzoni E., 2016 - *An overview of the main pathways of metabolic resistance in insects.* - Invertebrate Survival Journal, 13: 326-335.

Parking E.A., 1965 - *The onset of insecticide resistance among field populations of stored-product insects*. – J. Stored Prod. Res., 1: 3-8.

Pridgeon J.W., Appel A.G., Moar W.J., Liu N., 2002 - *Variability of resistance mechanisms in pyrethroid resistant German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae)*. - Pestic. Biochem. Physiol., 73: 149–156.

Rane R.V., Walsh T.K., Pearce S.L., Jermiin L.S., Gordon K.H.J., Richards S., Oakeshott J.G. , 2016 - *Are feeding preferences and insecticide resistance associated with the size of detoxifying enzyme families in insect herbivores?* - Curr. Opin. Ins. Sci., 13: 70–76.

Rigaux M., Haubruge E., Fields P.G., 2001 – *Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of* Tribolium castaneum. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 101: 33–39.

Rinkevich F., Du Y., Dong K., 2013 - *Diversity and convergence of sodium channel mutations involved in resistance to pyrethroids*. - Pestic. Biochem. Physiol., 106: 93-100.

Rofrano G., Rossi E., Cosimi S., 2009 - *Valutazione della resistenza agli insetticidi del* Tribolium *spp*. - Tecnica Molitoria, 60(8): 877-885.

Rossi E., Cosimi S., Loni A., 2010 - *Insecticide resistance in Italian populations of* Tribolium *flour beetles*. - Bulletin of Insectology, 63: 251-258.

Schlipalius D.I., Cheng Q., Reilly P.E.B., Collins P.J., Ebert P.R., 2002 - *Genetic linkage analysis of the lesser grain borer* Rhyzopertha dominica *identifies two loci that confer high-level resistance to the fumigant phosphine*. - Genetics, 161:773-782.

Schlipalius D.I., Valmas N., Tuck A.G., Jagadeesan R., Ma L., Kaur R., Goldinger A., Anderson C., Kuang J., Zuryn S., Mau Y.S., Cheng Q., Collins P.J., Nayak M.K., Schirra H.J., Hilliard M.A., Ebert P.R., 2012 - *A core metabolic enzyme mediates resistance to phosphine gas*. - Science, 338(6108): 807-810.

Schlipalius D.I., Tuck A.G., Jagadeesan R., Nguyen T., Kaur R., Subramanian S., Barrero R., Nayak M., Ebert P.R., 2018 - *Variant Linkage Analysis Using de Novo Transcriptome Sequencing Identifies a Conserved Phosphine Resistance Gene in Insects*. - Genetics, 209: 281-290.

Scott J.G., 2019 - *Life and Death at the Voltage-Sensitive Sodium Channel: Evolution in Response to Insecticide*. - Annu. Rev. Entomol., 64: 243-257.

Sparks T.C., Lockwood J.A., Byford R.L., Graves J.B., Leonard B.R., 1989 - *The role of behavior in insecticide resistance*. - Pestic. Sci., 26: 383-399.

Sparks T.C., Nauen R., 2015 - *IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management*. - Pest Biochem. Physiol., 121: 122-128.

Sun H., Tong K.P., Kasai S., Scott J.G., 2016 - *Overcoming super-knock down resistance (*super-kdr*) mediated resistance: multi-halogenated benzyl pyrethroids are more toxic to* super-kdr *than* kdr *house flies.* - Insect Molecular Biology, 25: 126-137.

Sun H., Kasai S., Scott J.G., 2017 - *Two novel house fly Vssc mutations, D600N and T929I, give rise to new insecticide resistance alleles*. - Pestic. Biochem. Physiol., 143:116-121.

Valles S.M., Koehler P.G., Brenner R.J., 1999 - *Comparative insecticide susceptibility and detoxification enzyme activities among pestiferous Blattodea*. - Comp. Biochem. Physiol. C Pharmacol. Toxicol. Endocrinol., 124: 227-232.

War A.R., Paulraj M.G., Ahmad T., Buhroo A.A., Hussain B., Ignacimuthu S., Sharma H.C., 2012 - *Mechanisms of plant defense against insect herbivores*. - Plant Signal Behav., 7: 1306-1320.

Whalon M.E., Mota-Sanchez D., Hollingworth R.H., 2008 - *Analysis of Global Pesticide Resistance in Arthropods*. In: Global Pesticide Resistance in Arthropods, Whalon M.E., Mota-Sanchez D., Hollingworth R.H. (eds). Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 5-31.

Williamson M.S., Martinez-Torres D., Hick C.A., Devonshire A.L., 1996 - *Identification of mutations in the housefly para-type sodium channel gene associated with knockdown resistance (kdr) to pyrethroid insecticides.* - Mol. Gen. Genet., 252: 51-60.

Wool D., Front L., 2003 - *Esterase variation in* Tribolium confusum *(Coleoptera: Tenebrionidae): genetic analysis of interstrain crosses in relation to malathion resistance*. - J. Stored Prod. Res., 39: 237-249.

Yu S.J., 2008 - *The toxicology and biochemistry of insecticide*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA, pp XVI+276.

Zhu F., Lavine L., O'Neal S., Lavine M., Foss C., Walsh D., 2016 - *Insecticide Resistance and Management Strategies in Urban Ecosystems*. – Insects, 7: 2; doi:10.3390/insects7010002

200 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 201-206

BIOATTIVITÀ DEGLI OLI ESSENZIALI: LUCI E OMBRE DEL LORO UTILIZZO NELLA GESTIONE DEGLI INSETTI DANNOSI

STEFANO BEDINI [a] - PRISCILLA FARINA [a] - BARBARA CONTI [a]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa;* e-mail: barbara.conti@unipi.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Bioactivity of the essential oils against insect pests: assets and liabilities

The repeated and indiscriminate use of synthetic insecticides to protect food from insect attacks has led to serious environmental and human health problems and has induced insecticides resistance in the target species. In recent years, many efforts have been made to investigate the insecticidal activity and the insect repellency of natural products, including essential oils (EOs). This latter, although very effective, are poorly applied in practice due to some practical problems, like the smell, or the variability of the bioactivity. Many EOs are very effective in repelling insects, but because very unpleasant to human olfactory system they cannot be used. To overcome this problem, in the manuscript, a preliminary sensorial screening of the EOs is proposed. With regard to bioactivity, among the factors that can influence the type and intensity of the effect there are certainly the insect species, the chemical composition and the dose of the OEs. Finally, since anti-acetylcholine esterase effect has been demonstrated for some EOs, a mode of action similar to the one of many neurotoxic insecticides such as carbamates and organophosphates, a particular attention must be paid to the problem of resistance.

KEY WORDS**:** essential oils, repellence, attractiveness, panel test, sensory profile.

INTRODUZIONE

Ogni anno, circa il 20% della produzione agraria mondiale (SALLAM, 1999) ed il 40% delle derrate conservate (MATTHEWS, 1993) vengono persi a causa dell'attacco di insetti dannosi.

Per questo motivo, viene effettuata una continua ed intensa attività di controllo di tali fitofagi, principalmente mediante l'uso di sostanze chimiche di sintesi. Tuttavia, è ormai accertato che l'uso ripetuto di tali sostanze determina seri problemi ambientali e per la salute umana ed inoltre induce resistenza nelle specie target (BELL e WILSON, 1995; BAKKALI *et al*., 2008; HEIL *et al*., 2008). La resistenza ad uno o più prodotti di sintesi, utilizzati per la protezione delle derrate alimentari dalle specie dannose, coinvolge tutti i gruppi di insetticidi ed anche le specie di insetti più frequentemente dannose per le derrate conservate (CHAMP, 1985). A causa di questi problemi, vi è un'urgente necessità di trovare nuove strategie per la protezione delle derrate immagazzinate che dovranno risultare, oltre che economicamente convenienti, efficaci contro gli insetti dannosi, innocue per i mammiferi e l'ambiente e, possibilmente, non indurre resistenza nelle specie target (HERMAWAN *et al*., 1997).

Negli ultimi anni, numerosi sforzi sono stati compiuti per indagare l'efficacia dei prodotti naturali, detti genericamente biopesticidi, i quali potrebbero assicurare la protezione dei prodotti alimentari senza gli aspetti negativi degli insetticidi di sintesi. Tra questi prodotti si annoverano gli oli essenziali (OE).

Gli OE o eterici sono ottenuti per estrazione da piante essenziere, di cui se ne conoscono oltre 17.000 specie, che li producono per molteplici scopi ed in particolare con funzione allelopatica e di attrazione degli impollinatori (BRUNETON, 1999). La composizione chimica degli OE è molto variabile. I principali componenti chimici degli OE sono gli idrocarburi monoterpenici, i monoterpeni ossigenati, gli idrocarburi sesquiterpenici, i sesquiterpeni ossigenati ed i derivati non-terpeni (BEDINI *et al*., 2016). La composizione chimica degli OE, inoltre, dipende sia dalla specie vegetale considerata, sia dalla fase fenologica (tempo balsamico), dall'età della pianta, dall'organo vegetale considerato, dal clima e dalla composizione del terreno di coltura.

Gli OE sono stati investigati da ormai 30 anni per la loro tossicità (TRIPATHI *et al*., 2000; AGGARWAL *et al*., 2001; VERMA *et al*., 2001; KIM *et al*., 2003; BEDINI *et al*., 2016 e 2019; MOSSA, 2016) come pure per la loro attività repellente nei confronti di molte specie infestanti le derrate conservate (TRIPATHI *et al*., 2002 e 2009; BEDINI *et al*., 2015; ROMANI *et al*., 2019). Tuttavia, seppur risultino molto efficaci, la loro applicazione pratica ha avuto scarso sviluppo a causa di alcune problematiche, tra cui le principali sono l'odore

– Pubblicato marzo 2020

che, spesso intenso, può essere conferito alla derrata stessa, la bioattività che in certe situazioni cambia di segno e la resistenza che questi potrebbero indurre.

L'odore degli OE

Relativamente all'odore, questo è come noto determinato dalla componente volatile. Molti OE sono molto efficaci nel repellere gli insetti, ma per palesi motivi olfattivi non possono essere utilizzati. È ad esempio il caso dell'OE di rosmarino o di aglio, efficacissimi contro le zanzare, ma che proprio per il loro odore non possono essere consigliati per uso topico. Quindi per la selezione di un olio anti zanzara è necessario considerare oltre che l'efficacia repellente, anche il suo profilo sensoriale. Questo tipo di valutazione è stata indicata per 3 OE (*Ruta chalepensis* (Rutaceae), *Artemisia verlotiorum* (Compositae) e *Lavandula dentata*, (Lamiaceae), testati come repellenti contro femmine di *Aedes albopictus* ed anche sensorialmente da un panel di esperti il cui giudizio, che ha tenuto conto anche dell'efficacia, ha poi guidato la selezione del miglior OE come ingrediente attivo in un possibile formulato commerciale (Bedini *et al*., 2018). Questo screening sensoriale, tuttavia, dovrebbe essere effettuato per qualunque utilizzo degli OE che si voglia fare. La scelta di un profilo sensoriale risulta infatti determinante, ad esempio, anche per il trattamento con OE delle granaglie ad uso alimentare, dato che non è opportuno che queste vengano trattate con composti dall'aroma floreale. Una delle nostre ricerche ha quindi riguardato la scelta di un OE da addizionare alle terre diatomacee per aumentarne l'efficacia insetticida nel trattamento di cereali conservati (Pierattini *et al*., 2019). A questo scopo, gli OE di finocchio (*Foeniculum vulgare* Mill. Apiaceae), basilico (*Ocimum basilicum* L. Lamiaceae) e lentisco (*Pistacia lentiscus* L. Anacardiaceae) sono stati valutati non solo per la loro efficacia nel proteggere il grano trattato dall'attacco di insetti, ma anche sensorialmente (sia da soli sia nel grano trattato) da un panel di esperti del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa. In questa indagine, i test di laboratorio hanno indicato una LC_{50} pari a 23.18, 43.42 e 36.36 $\mu L \cdot kg^{-1}$ per l'OE di finocchio, basilico e lentisco, rispettivamente. Tuttavia, secondo l'analisi della potenza mediana relativa (RMP), tali differenze non sono risultate significative.

I risultati dei test sensoriali hanno indicato una sostanziale uniformità dei tre oli in termini di intensità e persistenza e una piacevolezza che nel caso dell'olio di basilico aumentava una volta mescolato al grano (Pierattini *et al*., 2019) (Fig. 1).

Considerando quindi l'analoga efficacia e la maggior gradevolezza, l'OE di basilico è stato scelto fra i tre OE per i successivi test in azienda.

La repellenza *vs* attrattività

La repellenza degli OE è uno dei campi di indagine più frequente e infatti, cercando nelle banche dati, le pubblicazioni scientifiche su questo argomento sono numerosissime. Al contrario, effettuando la medesima ricerca per l'attrattività degli OE nei confronti degli insetti, si ottiene un numero esiguo di articoli. Caratteristica saliente di questo consistente numero di articoli è che gli OE testati per repellenza e attrattività non sono mai gli stessi, né vengono valutati per i due aspetti sulla stessa specie di insetto.

Il fenomeno dell'attrattività merita quindi di essere

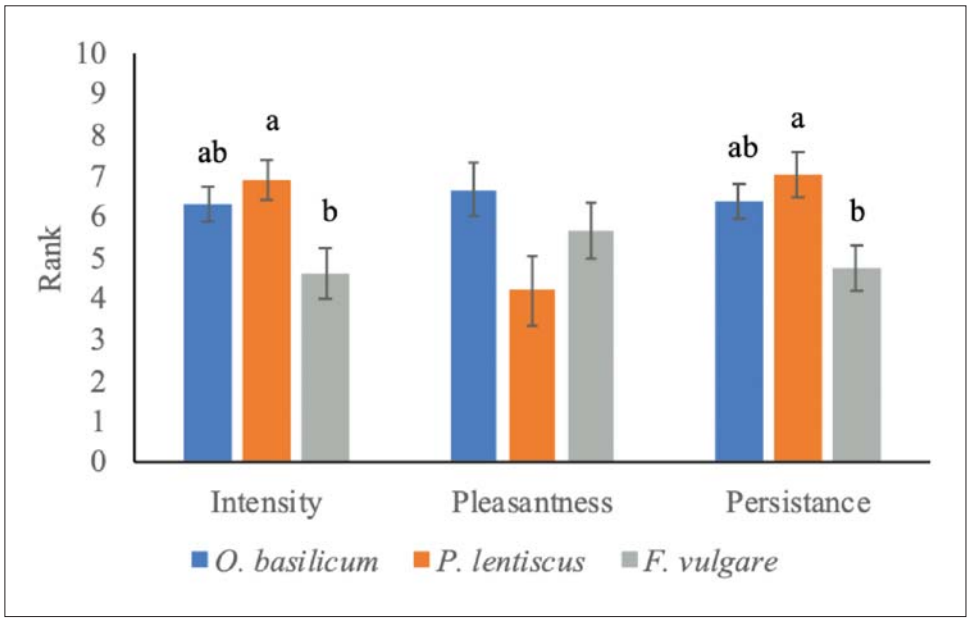


Fig. 1 – Analisi sensoriale del grano aromatizzato con OE. I descrittori sensoriali sono stati classificati in base ai componenti del panel su una scala da 0 a 10. Gli istogrammi rappresentano la media dei gradi. I dati rappresentano i valori medi dei ranghi degli odori valutati dai panelisti per i descrittori sensoriali del grano aromatizzato con OE. Le barre rappresentano l'errore standard. Lettere diverse indicano una differenza significativa tra i trattamenti secondo il test post-hoc (b) di Tukey ($p < 0,05$) (Pierattini *et al*., 2019).

studiato meglio perché potrebbe essere uno dei motivi della difficile applicazione pratica degli OE.

Ma cosa determina l'effetto repellente o attrattivo di un olio essenziale? Chiaramente, tra i fattori che possono influenzare il tipo e l'intensità dell'effetto, sicuramente la composizione chimica dell'olio essenziale è importante anche se, a causa dei composti minoritari, al momento sono reperibili solo poche evidenze scientifiche che correlano la bioattività alla composizione (Bedini *et al*., 2016a). L'attrattività nei confronti degli insetti di molti composti volatili degli OE come i monoterpeni è tuttavia documentata e, per questo, potrebbero essere utili per il monitoraggio degli insetti (Kim *et al*., 2003). A questo proposito, Hernandez-Sanchez *et al*. (2001) hanno osservato che il ρ-cimene ed il limonene isolati dal frutto di *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) hanno un'attività fortemente attrattiva per la mosca della frutta *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera Tephritidae). Katerinopoulos *et al*. (2005) hanno evidenziato che l'1,8-cineolo, il principale costituente dell'olio essenziale di *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae), è attrattivo per *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera Thripidae). Allo stesso modo, l'alcool cinnamilico, la 4- metossi-cinnamaldeide, la cinnamaldeide, il geranilacetone e l'α-terpineolo hanno mostrato attrattività nei confronti della diabrotica del mais (*Diabrotica virgifera*, Coleoptera Chrysomelidae) (Hammack, 1996; Petroski e Hammack, 1998). Inoltre, il cis-jasmone, costituente principale dell'OE di gelsomino, attira gli adulti dei lepidotteri (Pair *et al*., 1997), mentre l'olio di sandalo, di basilico e di pompelmo hanno mostrato un'alta attrattività per gli aleirodidi (Hemiptera Aleyrodidae) (Gorski, 2004). In linea con questi risultati, gli oli essenziali sono stati usati con successo come attrattivi nelle trappole per diversi insetti come tripidi, minatori fogliari, afidi e mosche bianche (Koul *et al*., 2008).

L'olio essenziale di cannella (*Cinnamomum verum* J.Presl, Lauraceae) ed i suoi componenti hanno mostrato un ampio spettro di attività insetticide, miticide, nematicide, fungicide e battericide (Singh *et al*., 2007; Jayaprakasha e Rao, 2011). Alcune società hanno infatti recentemente raccolto la sfida ed immesso sul mercato formulati a base di OE di cannella, che nelle specifiche di registrazione indicano come sicuro per l'utente e per l'ambiente. La Mycotech Corporation produce la Cinnamite™ ed il Valero™, due afidicidi / miticidi / fungicidi per colture in serra ed orticole e per l'uso su uva, bacche, agrumi e noci, rispettivamente. Entrambi i prodotti sono a base di olio di cannella, con cinnamaldeide (30%) come ingrediente attivo. Tuttavia, in un recente lavoro in cui abbiamo saggiato l'OE di cannella a diverse concentrazioni, questo è risultato attrattivo nei confronti di *Sitophilus oryzae* (Coleoptera Curculionidae) ed alle medesime concentrazioni repellente nei confronti del suo parassitoide *Lariophagus distinguendus* (Foerster) (Hymenoptera Pteromalidae) (Fig. 2) (Bedini *et al*., 2018).

Anche la dose di utilizzo di un OE gioca un ruolo importante nella sua bioattività e gli OE possono essere classificati, sulla base del comportamento degli insetti nei loro confronti, in oli prevalentemente repellenti e conseguentemente scarsamente attrattivi, mediamente repellenti o attrattivi e prevalentemente attrattivi ossia scarsamente repellenti ed i risultati

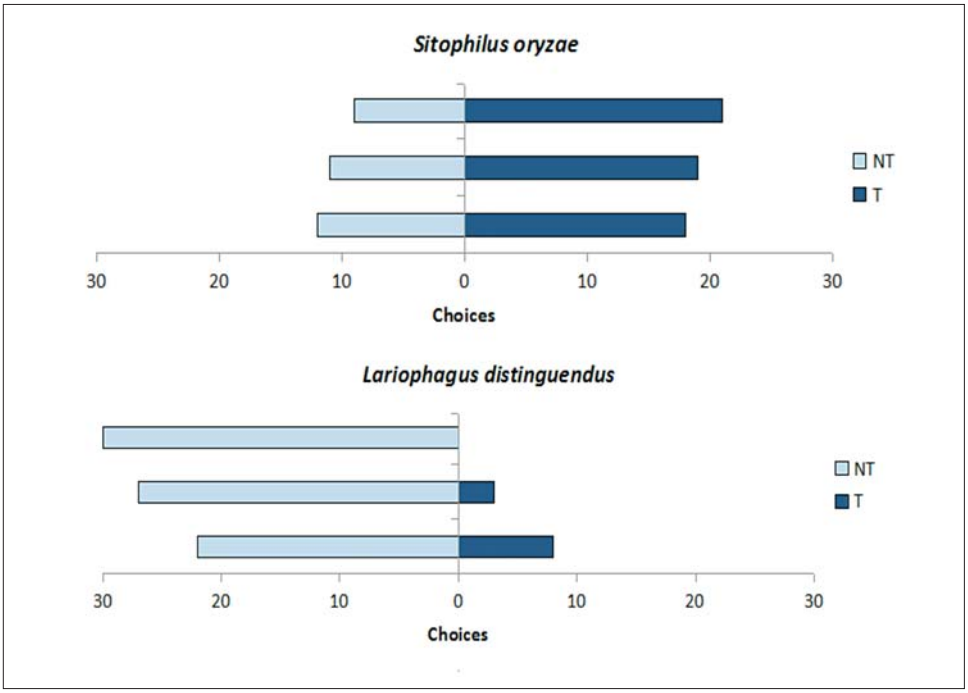


Fig. 2 – Effetto dell'olio essenziale (OE) di *Cinnamomum verum* a differenti dosi (0,1, 1, e 5% dal basso verso l'alto rispettivamente nei due grafici) nei confronti di adulti di *Sitophilus oryzae* e del suo parassitoide *Lariophagus distinguendus* mediante "Two-choice" test. T, sorgente trattata con OE; NT, sorgente non trattata (Bedini *et al*. 2018a).

indicano che gli OE, anche quelli per i quali la tossicità e la repellenza sono ampiamente documentate, nelle opportune condizioni possono diventare attrattivi. Questo fatto, se da una parte pone problemi sulla opportunità di utilizzare gli OE come repellenti, in quanto potrebbe verificarsi un loro cambio di segno a causa della volatilità, dall'altra potrebbe aprire interessanti possibilità nel loro impiego come attrattivi.

Induzione di resistenza

Tra i molti vantaggi spesso citati per l'uso degli OE come alternativa agli insetticidi e repellenti di sintesi uno ricorrente è la presunta assenza di fenomeni di induzione di resistenza negli organismi target. Tale assunzione si basa sul presupposto che, essendo gli OE miscele complesse di molti componenti attivi, sarebbe difficile per l'insetto uno sviluppo di resistenza a tutti questi composti. Tuttavia, l'impossibilità da parte degli insetti di sviluppare resistenza verso gli OE non è stata ancora dimostrata.

In generale, i sintomi della tossicità sugli insetti causati dagli OE e dai loro componenti suggeriscono che il loro modo di azione sia di tipo neurotossico (Kostyukovsky *et al*., 2002). Evidenze scientifiche indicano infatti che alcuni OE ed i loro composti interferiscono con il neurormone e neuromodulatore octopamina (Enan, 2001) e con i canali del cloro a livello dei recettori GABA (acido γ-amminobutirrico) (Priestley *et al*., 2003). Recentemente, inoltre, Bedini *et al*. (2017) hanno dimostrato che gli OE di *Artemisia* spp. sono in grado di esercitare effetti neurotossici in *Calliphora vomitoria* (L.), inibendo l'azione dell'acetilcolina esterasi. Questo effetto anti-acetilcolina esterasi suggerisce che, avendo gli OE lo stesso meccanismo di azione di molti insetticidi neurotossici come i carbammati e gli organofosfati (Isman, 2002), particolare attenzione deve essere posta all'insorgenza dei fenomeni di resistenza. Chiarire la modalità di azione e le dosi dell'OE efficaci contro le varie specie di insetti risulta sempre importante, sia per un efficace controllo degli infestanti, perché contribuisce a stabilire la formulazione più appropriata ed il metodo di somministrazione nonché la gestione dei fenomeni di resistenza, sia per la sicurezza umana ed in generale per tutti gli organismi non target (Sim *et al*., 2006).

Conclusioni

Quindi, in conclusione, ciò che è emerso dalle nostre ricerche sugli OE è che:

– Per ovviare alla problematica dell'odore, spesso non idoneo, prima dell'uso di un olio essenziale è necessario che questo venga valutato sensorialmente oltre che per la sua efficacia.
– Sia la repellenza sia l'attrattività sono tratti comuni degli OE ed il passaggio dall'una all'altra è funzione dalla specie di insetto trattata, della composizione dell'OE ed anche della concentrazione. Ipotizzando quindi uno schema generale, potremmo dire che a concentrazioni molto elevate gli OE sono tossici per gli insetti, abbassando la concentrazione diventano repellenti e progressivamente, diminuendo la concentrazione, dopo una fase neutra in cui vi è un equilibrio tra individui attratti e respinti, il tipo di effetto cambia e gli OE diventano attrattivi per gli insetti. Infine, quando la concentrazione è molto bassa, l'olio essenziale non viene verosimilmente più avvertito dall'insetto.
– La concentrazione di un OE risulta quindi essere una delle problematiche maggiori, perché se un olio essenziale cambia la sua bioattività e da repellente diventa attrattivo sulla base della sua concentrazione, ciò può influenzare fortemente le sue prestazioni in un uso pratico come repellente, poiché gli OE sono volatili e la concentrazione e la composizione dei loro componenti variano velocemente nel tempo dopo la loro applicazione. Tuttavia, in dosi appropriate alle quali essi possano esprimere il loro potenziale attrattivo, potrebbero essere utilizzati come esca in trappole adesive per il monitoraggio della presenza di insetti dannosi nei programmi di lotta integrata, in alternativa alle trappole specifiche per feromoni, molto più costose. Alcuni composti degli oli essenziali vengono già praticamente utilizzati in tal senso, è il caso delle trappole per il mass trapping di *Popillia japonica* (Coleoptera Scarabaeidae) che vengono innescate anche con eugenolo e geraniolo in proporzioni variabili (Ladd *et al*., 1981; Martins e Simões, 1986).
– Si dovrà comunque tenere in considerazione quanto sopra detto perché a nostro avviso, per la selezione di un olio essenziale da utilizzare come repellente, si dovrebbe scegliere un olio che abbia un intervallo molto ridotto in cui risulta attrattivo perché in questo modo svanisce molto rapidamente e non essendo più percepito dall'insetto non esercita azione contraria.
– Infine, in generale, i sintomi sugli insetti, causati dagli OE e dai loro componenti, suggeriscono che il loro modo di azione sia di tipo neurotossico in particolare inibendo l'azione dell'acetilcolina esterasi. Questo effetto anti-acetilcolina esterasi suggerisce che, avendo gli OE lo stesso meccanismo di azione di molti insetticidi neurotossici come i carbammati e gli organofosfati (Isman, 2002), particolare attenzione deve essere posta all'insorgenza dei fenomeni di resistenza. Chiarire la modalità di azione e le dosi dell'OE efficaci contro le varie

specie di insetti risulta sempre importante, sia per un efficace controllo degli infestanti perché contribuisce a stabilire la formulazione più appropriata ed il metodo di somministrazione nonché la gestione dei fenomeni di resistenza, sia per la sicurezza umana ed in generale di tutti gli organismi non target (Sim *et al*., 2006).

RIASSUNTO

L'uso ripetuto di insetticidi di sintesi per la protezione delle derrate dagli attacchi degli insetti ha determinato seri problemi ambientali e per la salute umana ed ha indotto resistenza nelle specie target. Negli ultimi anni, numerosi sforzi sono stati compiuti per indagare l'efficacia insetticida e l'insetto repellenza dei prodotti naturali, tra cui gli oli essenziali (OE). Questi ultimi, seppur molto efficaci, sono scarsamente applicati nella pratica a causa di alcune problematiche tra cui le principali sono l'odore, la bioattività che in certe situazioni cambia di segno e la resistenza che potrebbero indurre. Molti OE sono molto efficaci nel repellere gli insetti, ma per motivi olfattivi non possono essere utilizzati. Per ovviare a questo problema, nel lavoro viene proposto uno screening sensoriale che deve essere effettuato per qualunque utilizzo che degli OE si voglia fare. Relativamente alla bioattività, tra i fattori che possono influenzare il tipo e l'intensità dell'effetto ci sono sicuramente la specie dell'insetto, la composizione chimica e la dose dell'OE. Infine, dato che per alcuni OE è stato dimostrato un effetto anti-acetilcolina esterasi, quindi un meccanismo di azione analogo a quello di molti insetticidi neurotossici come i carbammati e gli organofosfati, particolare attenzione deve essere posta all'insorgenza dei fenomeni di resistenza.

BIBLIOGRAFIA

Aggarwal K.K., Tripathi A.K., Prajapati V., Kumar S., 2001 - *Toxicity of 1,8-cinoele towards three species of stored product coleopterans*. - Int. J. Trop. Insect Sci., 21: 155-160.

Bakkali R.F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M., 2008 - *Biological effects of essential oils - a review*. - Food Chem. Toxicol., 46: 446-475.

Bedini S., Cosci F., Girardi J., Bocchino R., Conti B., 2018a - *Selective activity of* Cinnamomum verum *essential oil against the rice weevils* Sitophilus oryzae *and its parasitoid* Lariophagus distinguendus *in post-harvest pest management*. In: IOBC-WPRS Bull., Working group on Integrated Protection of Stored Products, 3-5 July 2017, Ljubljana, Slovenia, 130: 22.

Bedini S., Flamini G., Ascrizzi R., Venturi F., Ferroni G., Bader A., Girardi J., Conti B., 2018 - *Essential oils sensory quality and their bioactivity against the mosquito* Aedes albopictus. - Sci. Rep., 8: 17857. doi: 10.1038/s41598-018-36158-w

Bedini S., Flamini G., Bougherra-Nehaoua H.H., Cosci F., Ascrizzi R., Conti B., 2016a - *Non sempre la somma fa il totale: sinergia dei costituenti maggioritari dell'olio essenziale di* Foeniculum vulgare *nei confronti di insetti dannosi ai cereali in post-raccolta*. In: XXV Congresso Nazionale Di Entomologia*,* 20-24 June 2016, Padova, Italy.

Bedini S., Flamini G., Cosci F., Ascrizzi R., Benelli G., Conti B., 2016 - Cannabis sativa *and* Humulus lupulus *essential oils as novel control tools against the invasive mosquito* Aedes albopictus *and fresh watersnail* Physella acuta*.* - Indus. Crops Prod., 85: 318-323.

Bedini S., Flamini G., Cosci F., Ascrizzi R., Echeverria Mc., Gomez Ev., Guidi L., Landi M., Lucchi A., Conti B., 2019 - *Toxicity and oviposition deterrence of essential oils of* Clinopodium nubigenum *and* Lavandula angustifolia *against the myiasis inducing blowfly* Lucilia sericata*.* - PLoS One, 14: 1-17. doi: 10.1371/journal.pone.0212576

Bedini S., Flamini G., Cosci F., Ascrizzi R., Echeverria Mc., Guidi L., Landi M., Lucchi A., Conti B., 2017 - Artemisia *spp. essential oils against the disease-carrying blowfly* Calliphora vomitoria. - Parasite. Vector., 10: 80. doi: 10.1186/s13071-017-2006-y

Bedini S., Flamini G., Girardi J., Cosci F., Conti B., 2015 - *Not just for beer: evaluation of spent hops (*Humulus lupulus *L.) as a source of ecofriendly repellents for insect pests of stored foods*. - J. Pest Sci*.,* 88: 583-592. doi: 10.1007/s10340-015-0647-1

Bell, C.H., Wilson, S.M., 1995 - *Phosphine tolerance and resistance in* Trogoderma granarium *Everts (Coleoptera: Dermestidae)*. - J. Stored. Prod. Res., 31: 199-205.

Bruneton J., 1999 - *Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants: essential oils.* Lovoisier Publishing, New York, 2nd ed., 461-780.

Champ B.R., 1985 - *Occurrence of resistance to pesticides in grain storage pests*. In: Pesticides and humid tropical grain storage system, Champ, B.R., Highly, E. Eds., Proceedings of an International Seminar, Manila 1985. ACIAR, Canberra, 14: 225–229.

Enan E., 2001 - *Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action*. Comp. Biochem. Physiol. Part C. - Toxicol. Pharmacol., 130: 325-337.

Gorski R., 2004 - *Effectiveness of natural essential oils in the monitoring of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum *Westwood)*. - Folia Hortic., 16: 183-187.

Hammack L., 1996 - *Corn volatiles as attractants for northern and western corn rootworm beetles (Coleoptera: Chrysomelidae:* Diabrotica *spp.)*. - J. Chem. Ecol., 22: 1237-1253.

Heil A., Humphreys E.H., Janssen S., 2008 - *Outcomes of the California ban on pharmaceutical lindane: clinical and ecologic impacts*. - Environ. Health Perspect., 116: 297-302.

Hermawan W.E., Nakajima S., Tsukuda R., Fujisaki K., Nakasuji F., 1997 - *Isolation of an antifeedant compound from* Andrographis paniculata *(Acanthaceae) against the diamond back,* Plutella xylostella *(Lepidoptera: Yponomeutidae)*. - App. Entomol. Zool., 32: 551-559.

Hernandez-Sanchez G., Sanz-Berzosa I., Casana-Giner V., Primo-Yufera E., 2001 - *Attractiveness for* Ceratitis capitata *(Wiedemann) (Dipt., Tephritidae) of mango (*Mangifera indica*, cv. Tommy Atkins) airborne terpenes*. - J. Applied Entomol., 125: 189-192.

Isman M.B., 2002 - *Insect antifeedants*. - Pest. Outlook, 13: 152-157.

Jayaprakasha G.K., Rao L.J., 2011 - *Chemistry, biogenesis*

and biological activities of Cinnamomum zeylanicum. - Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 51: 547-62.

Katerinopoulos H.E., Pagona G., Afratis A., Stratigakis N., Roditakis N., 2005 - *Composition and insect attracting activity of the essential oil of* Rosmarinus officinalis. - J. Chem. Ecol., 31: 111-122.

Kim S.I., Roh J.Y., Kim D.H., Lee H.S., Ahn Y.J., 2003 - *Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against* Sitophilus oryzae *and* Callosobruchus chinensis. - J. Stored Prod. Res., 39: 293-303.

Kostyukovsky M., Rafaeli A., Gileadi C., Demchenko N., Shaaya E., 2002 - *Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants, possible mode of action against insect pests*. - Pest Manag. Sci., 58: 1101-1106.

Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G.S., 2008 - *Essential oils as green pesticides: potential and constraints*. - Biopestic. Int., 4: 63-84.

Ladd Jr. T.L., Klein M.G., Tumlinson J.H., 1981 - *Phenethyl propionate + eugenol + geraniol (3:7:3) and Japonilure: a highly effective joint lure for Japanese beetles*. - J. Econ. Entomol., 74: 665-667.

Martins A., Simões N., 1986 - *Population dynamics of the Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeideae) in Terceira Island – Azores*. - Arquipelago, 6: 57–62.

Matthews G.A., 1993 - *Insecticide application in the stores*. In: Application technology for crop protection, Matthews G.A., Hislop E.C. Eds., CAB International, Wallingford, UK, 360 pp.

Mossa A.T.H., 2016 - *Green Pesticides: essential oils as biopesticides in insect-pest management*. - J. Environ. Sci. Technol., 9: 354-378.

Pair S.D., Horvat R.J., 1997 - *Volatiles of Japanese honeysuckle flowers as attractants for adult Lepidopteran insects*. US Patent No. 5665344.

Petroski R.J., Hammack L., 1998 - *Structure activity relationships of phenyl alkyl alcohols, phenyl alkyl amines, and cinnamyl alcohol-derivatives as attractants for adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae:* Diabrotica *spp.)*. - Environ. Entomol., 27: 688-694.

Pierattini E.C., Bedini S., Venturi F., Ascrizzi R., Flamini G., Bocchino R., Girardi J. Giannotti P., Ferroni G., Conti B., 2019 - *Sensory quality of essential oils and their synergistic effect with diatomaceous earth, for the control of stored grain insects*.- Insects, 10: 114. doi: 10.3390/insects10040114

Priestley C.M., Williamson E.M., Wafford K.A., Sattelle D.B., 2003 - *Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABAA receptor and a homo-oligomeric GABA receptor from* Drosophila melanogaster. - Br. J. Pharmacol., 140: 1363-1372.

Romani R., Bedini S., Salerno G., Ascrizzi R., Flamini G., Echeverria Mc., Farina P., Conti B., 2019 - *Andean flora as a source of new repellents against insect pests: behavioral, morphological and electrophysiological studies on* Sitophilus zeamais *(Coleoptera: Curculionidae)*. - Insects, 10: 171. doi: 10.3390/insects 10060171

Sallam M.N., 1999 - *Insect damage: damage on post-harvest*. FAO, INPhO. [online] http://www.fao.org/inpho/inpho-post-harvest-compendium/it/. Accessed 12 April 2107.

Sim M.J., Choi D.R., Ahn Y.J., 2006 - *Vapour phase toxicity of plant essential oils to* Cadra cautella *(Lepidoptera: Pyralidae)*. - J. Econ. Entomol., 99: 593-598.

Singh G., Maurya S., DeLampasona M.P., Catalan C.A., 2007 - *A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their costituent*.- Food Chem. Toxicol., 5: 1650-1661.

Tripathi A.K., Prajapati V., Aggarwal K.K., Khanuja S.P.S., Kumar S., 2000 - *Repellency and toxicity of oil of* Artemisia annua *to certain stored product beetles*. - J. Econ. Entomol., 93: 43-47.

Tripathi A.K., Prajapat V., Verma N., Bhal J.R., Bansal R.P., Khanuja S.P.S., Kumar S., 2002 - *Bioactivities of the leaf essential oil of* Curcuma longa *(Var. Ch-66) on three species of stored product beetles (Coleoptera)*. - J. Econ. Entomol., 95: 183-189.

Tripathi A.K., Upadhyay S., Bhuiyan M., Battacharya P.B., 2009 - *A review on prospects of essential oils as bio pesticide in insect pest management*. - J. Pharmacogn. Phytother., 1: 52-63.

Verma N., Tripathi A.K., Prajapati V., Bahl J.R., Bansal R.P., Khanuja S.P.S., Kumar S., 2001 - *Toxicity of essential oil from* Lippia alba *towards stored grain insects*. - J. Med. Aromatic Plant Sci., 22/4A and 23/1A: 117-119.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 207-212

FORMULAZIONI A BASE DI OLI ESSENZIALI: PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE E ATTIVITÀ INSETTICIDA

ORLANDO CAMPOLO [a] - GIULIA GIUNTI [a] - FRANCESCA LAUDANI [a] - VINCENZO PALMERI [a]

[a] *Dipartimento di AGRARIA dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria;* e-mail: vpalmeri@unirc.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Essential oil-based formulations: physicochemical properties and insecticidal activity

The use of essential oil-based insecticides is attracting considerable interest both from researchers and consumers who require sustainable alternatives to chemical pesticides. Essential oils (EOs) ensure an increased economic and environmental sustainability and generally have good insecticidal activity, due to their role in plant protection. However, some physicochemical characteristics of these extracts may affect their applicability under field conditions. In this perspective, research is increasingly focusing on the formulation of EO-based pesticides that ensure their stability and miscibility in water.

In this scenario, nanotechnology plays a prominent role. The formulation of EOs in nano-emulsions and encapsulation with inert powders or polymeric nanoparticles can guarantee the stability of the active ingredients and increase their effectiveness towards the target pests. These nano-formulations have, as main characteristic, the nano-metric dimension, which can improve or mitigate the intrinsic characteristics of the active ingredients. The nano-emulsions and nanoparticles can also act as carriers for EOs, ensuring a controlled and gradual release of the active ingredients to achieve maximum biological efficacy against the target organisms. The controlled release of the active ingredients can be programmed according to the degradability and permeability of the polymer or surfactant used, which simultaneously protects the active ingredients from degradation. The inclusion of active ingredients into nano-sized particles or micelles may not only increase their effectiveness against the target organisms, but it may also mitigate or nullify any adverse effect on non-target organisms, such as reducing their phytotoxicity.

KEY WORDS: nano-emulsions; nanoparticles; stability; phytotoxicity; pesticides.

INTRODUZIONE

Le conseguenze eco-tossicologiche, ambientali e sociali dell'uso diffuso, e spesso indiscriminato, degli insetticidi di sintesi in agricoltura hanno indotto i ricercatori a trovare alternative più sostenibili rispetto ai tradizionali pesticidi. In questo contesto, l'uso di insetticidi a base di estratti botanici sta suscitando un notevole interesse non solo tra i ricercatori ma anche che tra i consumatori che richiedono sempre più insistentemente produzioni primarie rispettose dell'ambiente. Tra gli estratti botanici utilizzati come insetticidi, gli oli essenziali (OE) rappresentano un'alternativa promettente sia per la loro efficacia intrinseca ma anche per la loro disponibilità diffusa e la relativa convenienza economica. La loro attività insetticida scaturisce dal ruolo che queste molecole svolgono naturalmente nella difesa delle piante e in altri processi metabolici dei vegetali (PAVELA, 2015; SMITH *et al.*, 2006; WALTERS, 2010; ZUZARTE *et al*., 2015).

Dal punto di vista applicativo, gli oli essenziali presentano alcune caratteristiche che ne rendono problematico l'uso nelle reali condizioni operative. La loro elevata volatilità, la scarsa solubilità in acqua e l'attitudine all'ossidazione rappresentano delle criticità che devono essere mitigate prima di poter essere utilizzati come sistema alternativo di controllo dei parassiti. Un altro aspetto vincolante del loro uso nel controllo dei parassiti animali delle piante è la fitotossicità che contraddistingue molti OE e ne limita l'uso quali insetticidi se non opportunamente formulati. Il settore delle derrate alimentari sembra essere il candidato perfetto per lo sviluppo di nuove strategie alternative di controllo dei parassiti basate sugli oli essenziali. Un altro aspetto importante da tenere in considerazione risiede nella elevata infiammabilità degli OE che, per essere impiegati in totale sicurezza, necessitano di essere inclusi in formulazioni insetticide stabili in grado di limitare la "pericolosità" di queste sostanze, oltre che aumentarne l'efficacia nei confronti degli organismi target.

Lo sviluppo e la messa a punto di formulazioni insetticide rappresentano, quindi, gli step necessari per trasferire l'enorme mole di risultati di laboratorio nelle reali condizioni operative. In tale contesto, le emulsioni, e in particolare le nano-emulsioni, nonché il nano-incapsulamento degli oli essenziali stanno risvegliando l'interesse dei ricercatori e del mondo produttivo. Una formulazione ottimale riesce a risolvere, o quanto meno ad attenuare, la maggior parte dei limiti che contraddistinguono gli oli essenziali. Le formulazioni insetticide così sviluppate risultano, nella maggior

– Pubblicato marzo 2020

parte dei casi, più efficaci rispetto all'olio essenziale usato tal quale evidenziando spesso una ridotta tossicità nei confronti degli organismi non target.

Nano-incapsulati

Il processo di incapsulamento dei principi attivi, che porta alla formazione di nanoparticelle (NP), è in grado, alla stregua delle formulazioni nano-emulsionate, di ridurre le problematiche legate alle caratteristiche chimico-fisiche degli OE, migliorando l'efficacia e inducendo un'attività sistemica dovuta alle piccole dimensioni delle particelle stesse (Kah *et al.,* 2013; Sasson *et al.,* 2007). Ad oggi, sono state sintetizzate a partire da sostanze di origine vegetale varie tipologie di nano-incapsulati, tra i quali NP metalliche, di ossidi di metalli e punti quantici, ma anche nano-incapsulati a base di silicio, di carbonio, lipidici, proteici o polimerici (Niemeyer e Doz, 2001; Oskam, 2006; Puoci *et al.,* 2008). Le NP possono essere definite come una sottoclasse di particelle ultrafini, con dimensioni comprese tra 1 a 100 nm, che presentano proprietà specifiche dovute alla loro dimensione (Auffan *et al.,* 2009). Possono essere occasionalmente considerate alla stregua di NP anche incapsulati di dimensione compresa tra i 100 e i 500 nm che presentino caratteristiche ottiche (trasparenza/torbidità) e di stabilità tipiche delle nanoparticelle (Alemàn *et al.,* 2007). Ulteriori parametri che definiscono le proprietà dei nano-incapsulati, sono la forma, il rapporto superficie-volume, la tipologia di fase (cristallina o amorfa) e la composizione chimica (ad esempio, metallica, a base di carbonio, inorganica, organica, polimerica, ecc.).

I nano-incapsulati possono essere anche utilizzati per la loro capacità di agire come *nanocarriers* (Tsuji, 2001). L'obiettivo dei *carriers* è quello di garantire un rilascio controllato e graduale dei principi attivi per ottenere la massima efficacia biologica nei confronti degli organismi target e per ridurre eventuali effetti nocivi (Ghormade *et al.,* 2011). Il vantaggio principale di utilizzare le NP come *carriers* è nella loro elevata capacità di carico (*loading ability*) dei principi attivi, dovuta ad una superficie di scambio attiva maggiore rispetto a quella di sistemi composti da particelle di dimensioni superiori. Le sostanze nano-incapsulate hanno generalmente un rilascio più graduale nel tempo e una degradazione più lenta, caratteristiche che determinano una diminuzione nel numero delle applicazioni rispetto ai pesticidi classici. I *nanocarriers* polimerici sono particolarmente idonei come co-formulanti nella preparazione di NP a partire da sostanze fitochimiche (metaboliti secondari) e da oli essenziali, che possono avere problemi di stabilità (Ghormade *et al.,* 2011). Questa tipologia di NP polimeriche comprende le cosiddette nanosfere e nanocapsule. I polimeri svolgono la funzione di guscio esterno protettivo dei principi attivi e contemporaneamente agiscono da vettori di rilascio a diffusione controllata degli stessi. Difatti, il rilascio controllato dei principi attivi può essere regolato in base alle caratteristiche di degradabilità e di permeabilità del polimero utilizzato. Sono state valutate molte tipologie di polimeri per la formulazione di NP, tra le quali i poliesteri [ad esempio, poli-e-caprolatone e polietilenglicole (PEG)], i polisaccaridi (ad es. chitosano, alginati e amidi) e recentemente anche alcune sostanze di origine animale e vegetale, come la cera d'api, l'olio di mais ed alcune lecitine vegetali (Abreu *et al.,* 2012; Nguyen *et al.,* 2012). Tra questi, le NP polimeriche a base di PEG sono risultate finora le più interessanti, grazie alla loro biodegradabilità, alla facilità di manipolazione e alle proprietà fisico-chimiche di questo materiale (Torchilin, 2006; Shakil *et al.,* 2010).

L'impiego di polimeri di origine vegetale per l'incapsulamento degli OE è generalmente pensato per ottenere delle particelle solide ultrafine che siano facilmente disperdibili in acqua. Ciononostante, ulteriori ricerche hanno investigato la possibilità di incapsulare questi estratti botanici all'interno di materiali solidi ultrafini, utilizzando come stabilizzanti e incapsulanti delle polveri inerti. Di particolare interesse, è la possibilità di addizionare gli OE a polveri ultrasottili inerti che presentino intrinsecamente un'attività insetticida, come il caolino o le terre di diatomee che vengono utilizzati come protettivi delle cariossidi nell'industria cerealicola (Campolo *et al.,* 2014).

Nano-emulsioni

Le nano-emulsioni sono dei sistemi dispersi, cioè eterogenei, costituiti da due fasi liquide immiscibili tra loro per molti aspetti simili alle emulsioni. Esistono fondamentalmente due tipologie di nano-emulsioni: olio in acqua (O/A, Oil/Water) e acqua in olio (A/O, W/O). Nella prima tipologia l'olio rappresenta la fase dispersa mentre l'acqua è la fase disperdente; invece, nelle emulsioni acqua in olio (A/O, W/O) la fase disperdente è costituita dall'olio mentre quella dispersa è costituita dall'acqua. Le emulsioni possono presentare una stabilità (cioè la tendenza dei globuli dispersi a non riunirsi fra loro e raccogliersi in superficie o sul fondo) dipendente da numerosi fattori quali la grandezza delle particelle, la differenza di densità delle due fasi, la temperatura; tale stabilità dipende soprattutto dalla natura e quantità di un agente stabilizzante, detto emulsionante, che modifica le proprietà chimico-fisiche della superficie di separazione tra i due liquidi abbassandone la tensione interfacciale. Dal punto di

vista strettamente terminologico esiste molta confusione nel discriminare le nano emulsioni dalle micro. Nello specifico la dimensione delle particelle, in entrambe le tipologie di emulsione, ricade nell'intervallo nanometrico anche se non è possibile definire esattamente i rispettivi *range* di dimensioni (Pavoni *et al.,* 2019). Secondo McClements (2012) la principale differenza tra nano e microemulsioni è la loro stabilità termodinamica: le nano-emulsioni sono termodinamicamente instabili, mentre le microemulsioni sono termodinamicamente stabili. In linea di principio, le microemulsioni possono formarsi spontaneamente portando semplicemente l'olio, l'acqua e il tensioattivo a una temperatura particolare senza fornire energia esterna, poiché si tratta di sistemi termodinamicamente stabili. Nella realtà, invece, è spesso necessario applicare energia esterna (sotto forma di agitazione o riscaldamento) per facilitare la formazione di una microemulsione. Le nano-emulsioni, invece, necessitano sempre dell'immissione di energia esterna per rendere possibile la formazione delle micelle. Tale energia, variabile sia per entità che per durata, può essere somministrata attraverso omogeneizzatori ad alta pressione, fluidizzatori, sonicatori, ecc.

Uno degli aspetti fondamentali per la formazione di una emulsione stabile è l'impiego di un surfattante avente specifiche caratteristiche in grado di ottimizzare il processo di formazione delle micelle di piccole dimensioni. Ogni surfattante è caratterizzato da un valore di HLB (*hydrophilic-lipophilic balance*), compreso tra 0 e 20, che definisce il suo grado di idrofilicità o di lipofilicità. Ogni "sostanza grassa" compresi gli oli essenziali necessita di un surfattante con specifici valori di HLB; come si può facilmente intuire, il calcolo dell'HLB richiesto da una singola sostanza risulta più agevole rispetto alla determinazione del valore di HLB richiesto da un olio essenziale la cui composizione, spesso variabile, è costituita da decine di composti chimici. Quindi, la scelta del valore di HLB per gli OE deve essere effettuata sperimentalmente (Fig. 1) impiegando come possibili parametri di misura della qualità la dimensione delle particelle, la conduttività, l'indice di polidispersione e il potenziale zeta.

Attività biologica di formulazioni insetticide a base di oli essenziali

Lo sviluppo di formulazioni insetticide a base di oli essenziali ha avuto un apprezzabile sviluppo solo negli ultimi anni e l'attività insetticida *sensu lato* è stata valutata e verificata prendendo in considerazione sia la tossicità acuta nonché l'attività repellente. Una delle criticità nello sviluppo di formulazioni a base di oli essenziali è il limite di quantitativo di OE che può essere inglobato nella formulazione. Giunti *et al.* (2019) sono riusciti a sviluppare una nano-emulsione stabile contenente un'elevata (15%) quantità di Olio essenziale di *Citrus sinensis*. Questa formulazione insetticida presentava un elevato potenziale zeta ($\zeta >$ -30 mV) e una dimensione media delle particelle di 131.7±0.39 nm garantendo, oltre a una buona efficacia nei confronti di *Tribolium confusum* du Val (Coloptera: Tenebrionidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae), un'ottima stabilità di oltre un anno. Gli stessi Autori hanno inoltre evidenziato la potenzialità della distribuzione quale nebbia fredda di questa tipologia di nano-formulazioni.

La tipologia di formulazione insetticida può giocare un ruolo cruciale nell'incremento dell'efficacia inset-

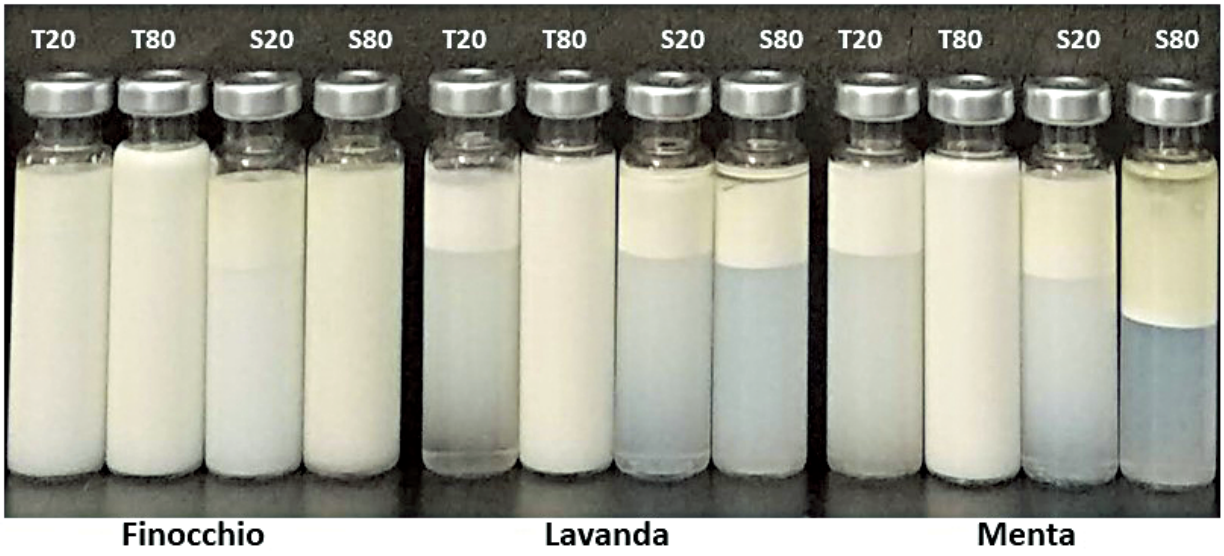


Fig. 1 - Effetto del surfattante sulla stabilità di nano-emulsioni a base di diversi oli essenziali. (T20= Tween20; T80= Tween80; S20=Span20; S80=Span80.)

ticida. Campolo *et al.* (2017) hanno evidenziato una maggiore efficacia dell'olio essenziale di arancio dolce nei confronti di *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) quando questo veniva incapsulato in nanoparticelle di PEG 6000 rispetto a una emulsione contenente un quantitativo di OE dieci volte superiore. Analogamente nanoparticelle a base di diversi OE hanno evidenziato un incremento dell'efficacia, quando formulati in strutture polimeriche di PEG 6000, nei confronti di *Blattella germanica* L. (Blattodea, Blattellidae) (Yeguerman *et al.,* 2020). Simili risultati sono stati ottenuti da Jesser *et al.* (2020) i quali hanno evidenziato che una nano-emulsione a base di OE di geranio aveva la capacità di potenziare di quasi due volte l'attività insetticida dell'OE tal quale nei confronti di *Culex pipiens pipiens* Say (Diptera: Culicidae) e *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). Inoltre, l'attivazione e l'impiego di caolino e terre di diatomee con olio essenziale di arancio dolce ha evidenziato come gli ingredienti delle formulazioni possono avere rispettivamente un effetto sinergico o antagonista nel controllare *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) (Campolo *et al.,* 2014).

L'ottenimento di particelle con dimensioni nanometriche, oltre a esplicare una maggiore efficacia nei confronti degli organismi bersaglio, può annullare, o mitigare, alcuni aspetti negativi propri degli OE. Ad esempio, una emulsione instabile, caratterizzata da particelle di grandi dimensioni e alto indice di polidispersione risulta più fitotossica rispetto ad una stabile con particelle nanometriche e indice di polidispersione prossimo allo zero. Infatti, in una emulsione non stabile, si assiste a una rapida separazione delle fasi, anche a livello di gocce sulle foglie, con conseguente concentrazione dell'OE in una piccola superficie della foglia. Questo fenomeno di traduce nella formazione di spot necrotici sulle foglie trattate (Fig 2).

Conclusioni

Nonostante l'enorme mole di sperimentazioni che impiegano gli oli essenziali quali insetticidi, solo pochi risultati presentano una reale applicabilità in condizioni operative. La maggior parte delle ricerche ha come scopo principale quello di determinare la tossicità acuta o la repellenza degli estratti vegetali in condizioni meramente di laboratorio, non considerando le possibilità applicative in condizioni reali. Ciononostante, la sperimentazione di principi attivi di origine vegetale, e in particolare degli OE, in condizioni di campo o di semi-campo deve confrontarsi preliminarmente con lo sviluppo di formulazioni adatte a tale scopo. Le scoperte nell'ambito delle

Fig. 2 – Fitotossicità indotta dall'accumulo localizzato di olio essenziale su foglia di zucchino.

nanotecnologie hanno determinato un rinnovato interesse da parte della comunità scientifica e dell'industria nei confronti dello sviluppo di formulazioni insetticide a base di OE e di altre sostanze di origine vegetale. Negli ultimi anni, si sta assistendo ad un numero crescente di pubblicazioni riguardanti lo sviluppo di nano-formulazioni di origine vegetale con attività insetticida nei confronti di insetti infestanti le derrate e le colture. La relativa economicità dei materiali, l'efficacia e l'ecosostenibilità di queste formulazioni rendono questa tipologia di nano-insetticidi candidati ideali come alternativa sostenibile ai pesticidi di sintesi comunemente utilizzati per il controllo degli insetti infestanti.

RIASSUNTO

L'uso di insetticidi a base di estratti botanici, e in particolare di oli essenziali (OE), sta suscitando un notevole interesse sia da parte dei ricercatori ma anche dei consumatori che richiedono alternative sostenibili ai pesticidi di sintesi. Gli OE garantiscono una maggiore sostenibilità economica ed ambientale e generalmente presentano una buona attività insetticida, dovuta al ruolo che svolgono per la difesa della pianta. Tuttavia, alcune caratteristiche chimico-fisiche di questi estratti possono inficiarne la reale applicabilità in condizioni operative. In tale ottica, la ricerca sta ponendo una crescente attenzione alla formulazione di pesticidi a base di OE che ne garantiscano la stabilità e la miscibilità in acqua.

In questo scenario, le nanotecnologie giocano un ruolo preminente. La formulazione degli OE in nano-emulsioni e l'incapsulamento con polveri inerti o in nano-particelle polimeriche posso garantire la stabilità dei principi attivi e aumentarne l'efficacia grazie ad un rilascio più graduale nel tempo. Questi nano-formulati hanno, come caratteristica principale, la dimensione nano-metrica, grazie alla quale le caratteristiche dei principi attivi possono essere incrementate o mitigate. Le nano-emulsioni e le nanoparticelle possono, anche, agire come *carrier* per gli OE, garantendo un rilascio controllato e graduale dei principi attivi per ottenere la massima efficacia biologica nei confronti degli organismi target. Il rilascio controllato dei principi attivi può essere programmato in base alle caratteristiche di degradabilità e di permeabilità del polimero o del surfattante utilizzato, i quali contemporaneamente svolgono una funzione protettiva nei confronti dei principi attivi. La riduzione dei principi attivi a particelle o micelle di dimensioni nanometriche, oltre ad esplicare una maggiore efficacia nei confronti degli organismi target, può anche mitigare o annullare eventuali effetti negativi nei confronti di altri organismi, come ad esempio ridurne la fitotossicità.

BIBLIOGRAFIA

Abreu F., Oliveira E.F., Paula H.C.B., de Paula R.C.M., 2012 - *Chitosan/cashew gum nanogels for essential oil encapsulation.* - Carbohydr. Polym., 89:1277-1282.

Alemàn J., Chadwick A.V., He J., Hess M., Horie K., Jones R.G., Kratochvìl P., Meisel I., Mitai, M.G., Penczek S., Stepto R.F.T., 2007 - *Definitions of terms relating to the structure and processing of sols, gels, networks, and inorganic–organic hybrid materials (IUPAC Recommendations 2007)*. - Pure Appl. Chem., 79:1801-1809

Auffan M., Rose J., Bottero J.Y., Lowry G.V., Jolivet J.P., Wiesner M.R., 2009 - *Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective*. - Nat. Nanotechnol., 4: 634-664.

Campolo O., Cherif A., Ricupero M., Siscaro G., Grissa-Lebdi K., Russo A., Cucci L.M., Di Pietro P., Satriano C., Desneux N., Biondi A., Zappalà L., Palmeri V., 2017 - *Citrus peel essential oil nanoformulations to control the tomato borer,* Tuta absoluta*: Chemical properties and biological activity.* - Scientific Reports, 7(1). https://doi.org/10.1038/s41598-017-13413-0

Campolo O., Romeo F. V., Malacrinò A., Laudani F., Carpinteri G., Fabroni S., Rapisarda P., Palmeri V., 2014 - *Effects of inert dusts applied alone and in combination with sweet orange essential oil against* Rhyzopertha dominica *(Coleoptera: Bostrichidae) and wheat microbial population*. - Ind. Crops and Prod., 61, 361-369. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.028

Ghormade V, Deshpande M.V., Paknikar P.M., 2011 - *Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants.* - Biotechnol. Adv., 29: 792-803.

Giunti G., Palermo D., Laudani F., Algeri G.M., Campolo O., Palmeri V., 2019 - *Repellence and acute toxicity of a nano-emulsion of sweet orange essential oil toward two major stored grain insect pests*. - Ind. Crops and Prod., 142. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111869

Jesser E., Lorenzetti A. S., Yeguerman C., Murray A. P., Domini C., Werdin-Gonzales J.O., 2020 - *Ultrasound assisted formation of essential oil nanoemulsions: Emerging alternative for* Culex pipiens pipiens *Say (Diptera: Culicidae) and* Plodia interpunctella *Hübner (Lepidoptera: Pyralidae) management.* - Ultrason. sonochem., 61: 104832. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104832

Kah M., Beulke S., Tiede K., Hofmann T., 2013 - *Nano–pesticides: State of Knowledge, Environmental Fate, and Exposure Modeling.* - Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 43: 1823-1867.

McClements D.J., 2012 - *Nanoemulsions versus microemulsions: Terminology, differences, and similarities*. In: Soft Matter (Vol. 8, Issue 6, pp. 1719–1729). https://doi.org/10.1039/c2sm06903b

Nguyen H.M., Hwang I.C., Park J.W., Park H.J., 2012 - *Photoprotection for deltamethrin using chitosan-coated beeswax solid lipid nanoparticles*. - Pest Manag. Sci., 68: 1062-1068.

Niemeyer C.M., Doz P., 2001- *Nanoparticles, proteins, and nucleic acids: biotechnology meets materials science*. - Angew. Chem. Int. Ed., 40: 4128-4158.

Oskam G., 2006 - *Metal oxide nanoparticles: synthesis, characterization and application*. - J. Sol-Gel Sci. Technol., 7: 161-164.

Pavela R., 2015 - *Essential oils for the development of eco-*

friendly mosquito larvicides: A review. - Ind. Crops and Prod., 76: 174-187. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.050

Pavoni L., Pavela R., Cespi M., Bonacucina G., Maggi F., Zeni V., Canale A., Lucchi A., Bruschi F., Benelli G., 2019 - *Green Micro- and Nanoemulsions for Managing Parasites, Vectors and Pests.* - Nanomaterials, 9(9): 1285. https://doi.org/10.3390/nano9091285

Puoci F., Lemma F., Spizzirri U.G., Cirillo G., Curcio M., Picci N., 2008 - *Polymer in agriculture: a review*. – Am. J. Agric. Biol. Sci., 3: 299-314.

Sasson Y., Levy-Ruso G., Toledano O., Ishaaya P.D.I., 2007 - *Insecticides Design Using Advanced Technologies* (eds Ishaaya, P. D. I., Horowitz, P. D. A. R. & Nauen, D. R.) 1-39; https://doi.org/10.1007/978-3-540-46907-0_1 (Springer Berlin Heidelberg).

Shakil N.A., Singh M.K., Pandey A., Kumar J., Pankaj Parmar V.S., Singh M.K., Pandey R.P., Watterson A.C., 2010 - *Development of poly- (ethylene glycol) based amphiphilic copolymers for controlled release delivery of carbofuran*. – J. Macromol. Sci. A Pure Appl. Chem., 47 241-247.

Smith S.E., Barker S.J., Zhu Y.-G., 2006 - *Fast moves in arbuscular mycorrhizal symbiotic signalling.* - Trends in Plant Science, 11(8): 369-371. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.008

Torchilin V.P., 2006 - *Introduction. Nanocarriers for drug delivery: needs and requirements*. In: Torchilin V.P., (ed) Nanoparticles as drug carriers. Imperial College Press, London, pp 1–8

Tsuji K., 2001 - *Microencapsulation of pesticides and their improved handling safety*. –J. Microencapsul., 18: 137-147.

Walters D.R., 2010 - *Plant Defense: Warding off attack by pathogens, herbivores and parasitic plants*. In: Plant Defense: Warding off attack by pathogens, herbivores and parasitic plants. https://doi.org/10.1002/9781444328547

Yeguerman C., Jesser E., Massiris M., Delrieux C., Murray A.P., Werdin González J. O., 2020 - *Insecticidal application of essential oils loaded polymeric nanoparticles to control German cockroach: Design, characterization and lethal/sublethal effects*. – Ecotox. and Environ. Saf., 189. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110047

Zuzarte M., Salgueiro L, Salgueiro L., Zuzarte M., Salgueiro L., 2015 - *Essential Oils Chemistry What are Essential Oils?* 19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19144-7_2

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 213-217

IMPIEGO DEI FEROMONI PER LA GESTIONE DEGLI INFESTANTI NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

SARA SAVOLDELLI [a] - LUCIANO SÜSS [a]

[a] *Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente (DeFENS), Università degli Studi di Milano, Via G. Celoria 2, 20133 Milano*; e-mail: sara.savoldelli@unimi.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Pest management in food industries using pheromones

Nowadays pheromones are a part of integrated pest management programs to manage stored-product pests in warehouses and food industries. They are used for monitoring but also for direct control strategies as mass-trapping, mating-disruption and attracticide methods for beetle and moth pests associated with stored products. Some promising results that offer efficient detection and control of stored-product pests with pheromones are here reported.

KEY WORDS: pheromones, monitoring, mating disruption, attract-and-kill, stored-product pests

INTRODUZIONE

I semiochimici sono sostanze chimiche a basso peso molecolare che regolano vari aspetti della vita di relazione degli insetti sia a livello intraspecifico (feromoni) che interspecifico (allomoni). Tali sostanze possono essere utilizzate come mezzi di lotta indiretta (monitoraggio) e diretta nei confronti degli insetti (cattura massale, lotta attratticida, confusione sessuale, disorientamento) (TREMBLAY & ROTUNDO, 1980; ROTUNDO & GERMINARA, 2015). I feromoni sono generalmente considerati più sicuri rispetto agli insetticidi tradizionali, in quanto di origine naturale, altamente specifici, e poco tossici verso i mammiferi. Per tali caratteristiche, soprattutto nel settore delle derrate, l'impiego di feromoni di aggregazione e sessuali per il controllo degli infestanti è considerata una delle tecniche attualmente più promettenti (FIELDS & WHITE, 2002; PHILIPS & THRONE, 2010). In tale settore, infatti, sono stati compiuti considerevoli progressi, non solo nelle tecniche di monitoraggio, ma anche nell'impiego dei feromoni come mezzi diretti di lotta (COX, 2004; ANDERBRANT *et al*., 2007). Sono infatti ormai trascorsi oltre quarant'anni da quando KUWAHARA *et al.* (1971) e BRADY *et al.* (1971) identificarono il (*Z*,*E*) 9-12 tetradecanilacetato, o TDA, come principale attrattivo dei Lepidotteri *Ephestia kuehniella* Zeller, *Plodia interpunctella* (Hübner), *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia elutella* (Hübner). Da allora si sono succedute, sia all'estero che in Italia gran numero di ricerche volte inizialmente alla messa a punto di un razionale monitoraggio di questi insetti, tanto che attualmente sono disponibili in commercio erogatori di feromoni per più di 30 specie di insetti delle derrate (SWORDS & VAN RYCKEGHEM, 2010a; SWORDS & VAN RYCKEGHEM, 2010b). Successivamente si è cercato di realizzare anche nelle industrie alimentari quanto già si attuava, e tuttora si realizza, in agricoltura per il controllo di alcuni insetti gravemente infestanti, utilizzando i feromoni come mezzi diretti di lotta.

Una sostanziale differenza tra le pratiche attuabili in agricoltura e quelle proprie delle industrie alimentari è che in agricoltura si punta a ridurre le infestazioni sino al raggiungimento di una "soglia di tolleranza"; ciò non è però possibile a livello industriale, in quanto in tal caso la "soglia" è di solito pari a zero, dovendo fare i conti sia con il consumatore finale, che non tollera alcuna traccia di infestazione, che con il legislatore, che considera gli attacchi parassitari come una responsabilità grave e penalmente perseguibile. I metodi applicati nelle industrie alimentari mirano quindi ad interferire con l'attività riproduttiva della specie dannosa, all'interno di una gestione integrata, che mira inoltre a prevenire i fattori che contribuiscono all'insediamento e allo sviluppo degli infestanti. I feromoni possono essere utilizzati per la cattura massale (*mass trapping*), la confusione sessuale e per metodi attratticidi.

CATTURE MASSALI O *MASS TRAPPING*

La tecnica del *mass trapping* ha lo scopo di eliminare dall'ambiente il maggior numero possibile di insetti al fine di ridurre i livelli di popolazione dell'infestante.

– Pubblicato marzo 2020

A tal fine sono utilizzate opportune trappole, in grado di contenere un elevato numero di insetti, attivate con feromone. La tecnica è principalmente utilizzata per il controllo dei lepidotteri delle derrate e si basa sull'impiego del feromone sessuale prodotto dalle femmine per attirare i maschi. Il *mass trapping* richiede l'applicazione di un numero di trappole adeguato a catturare i maschi presenti nell'ambiente, in modo da limitare al massimo la frequenza degli accoppiamenti. Per applicare con successo tale tecnica occorre conoscere il rapporto tra maschi e femmine e il numero potenziale di femmine con cui un maschio si può accoppiare. Per esempio, un maschio di *Plodia interpunctella* (Hübner) durante la sua vita può accoppiarsi con 6-10 femmine. In questo caso, più del 90% della popolazione maschile può essere catturata senza che vi sia alcun effetto sul numero di femmine fecondate, e quindi, sulla successiva generazione (Sower *et al*., 1975). Risultati apprezzabili si possono raggiungere con una bassa densità di popolazione, così che i maschi possano incontrare le femmine con minor frequenza e il *mass trapping* possa significativamente contribuire a limitare la popolazione e i danni conseguenti.

Diversi studi hanno cercato di verificare l'efficacia di questa tecnica riferendo di successi nei confronti di *C. cautella* negli Stati Uniti, di *P. interpunctella* in un magazzino di semi in Francia, *E. kuehniella* in alcuni mulini italiani, di *Lasioderma serricorne* (F.) e *P. interpunctella* in due magazzini di stoccaggio nelle Hawaii, di *L. serricorne* in magazzini di stoccaggio del tabacco in Grecia e in una fabbrica di sigarette in Portogallo, oltre che in un panificio alle Hawaii (Fleurat-Lessard *et al*., 1986; Trematerra, 1990; Buchelos & Levinson, 1993; Pierce, 1994; Trematerra, 1994; Süss *et al*., 1996; Carvalho & Mexia, 2002; Carvalho *et al*., 2006; Trematerra & Gentile, 2010).

Le esperienze pratiche hanno evidenziato che il successo della tecnica del *mass trapping* può essere ridotto da alcuni fattori come un inefficace design della trappola, la saturazione delle stesse, specialmente in situazioni di elevata densità di popolazione, un'inefficace o una breve durata del rilascio di feromone, l'attrazione di un solo sesso, la posizione inadeguata delle trappole, un'immigrazione di individui dall'esterno.

Un'altra possibilità di richiamare gli insetti nelle trappole è tramite l'utilizzo di attrattivi alimentari. Alcuni di essi hanno il vantaggio di essere attrattivi sia per le larve che per gli adulti di entrambi i sessi, anche se non risulta che siano stati utilizzati in programmi di catture massali per gli insetti delle derrate (Cox, 2004). Gli attrattivi alimentari potrebbero però essere usati in combinazione con i feromoni, per aumentare l'efficacia dei sistemi di cattura massale (Philips *et al*., 1993; Likhayo & Hodges, 2000).

In Italia, sono state effettuate diverse applicazioni di *mass trapping*, spesso in combinazione con altre tecniche di lotta, per il controllo di *E. kuehniella* (Trematerra & Battaini, 1987; Trematerra, 1989; 1990; Süss *et al*., 1996; Trematerra & Gentile, 2010).

Confusione sessuale o *mating disruption*

Questa tecnica ha lo scopo di evitare o limitare l'incontro tra i sessi interferendo sulla percezione e la risposta comportamentale del maschio al feromone emesso dalla femmina. I feromoni vengono rilasciati nell'ambiente tramite dispenser a lento rilascio o utilizzando formulazioni spray che nebulizzano il feromone nell'ambiente (Burks *et al*., 2011).

Più recentemente, anche per i lepidotteri delle derrate, è stato introdotto il metodo dell'auto-confusione. I maschi sono attratti da erogatori che contengono una cera in polvere attivata con feromone. Il contatto dell'insetto con l'erogatore determina l'adesione della polvere, caricata elettrostaticamente, alla sua cuticola. I maschi così contaminati perdono la capacità di percepire il feromone delle femmine per la desensibilizzazione dei propri sensilli chemiorecettori e, divenendo essi stessi attrattivi, muovendosi nell'ambiente, distraggono gli altri maschi durante la ricerca della femmina (Howse, 2005; Howse & MacDonald, 2005; Huggett *et al*., 2010).

Nell'ambito della difesa delle derrate vi sono diversi studi che riportano esperienze dell'applicazione delle tecniche di *mating disruption*, sia in laboratorio che in campo, nei confronti di Lepidotteri quali *P. interpunctella*, *C. cautella*, *E. kuehniella*, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Sower & Witmer, 1977; Vick *et al*., 1978; Hodges *et al*., 1984; Prevet *et al*., 1989; Mafra-Neto & Baker, 1996; Süss *et al*., 1999; Burks *et al*., 2011; Ryne *et al*., 2001; Shani & Clearwater, 2001; Fadamiro & Baker, 2002; Ryne *et al*., 2006; Ryne *et al*., 2007; Sieminska *et al*., 2009; Pease & Storm, 2010; Savoldelli & Süss, 2010; Trematerra *et al*., 2011; Burks & Kuenen, 2012; Trematerra & Savoldelli, 2013; Trematerra & Spina, 2013; Trematerra *et al*., 2013; Athanassiou *et al*., 2016; Trematerra *et al*., 2017) e dei Coleotteri *Attagenus unicolor* (Brahm) (Burkholder, 1973) e, più recentemente, nei confronti di *L. serricorne* (Mahroof & Phillips, 2014).

L'efficacia della tecnica dipende da diversi fattori tra cui, molto importante, è la densità di popolazione del fitofago. Diverse esperienze, infatti, hanno dimostrato che l'efficacia del metodo si riduce in presenza di un'elevata densità iniziale del fitofago evidenziando la necessità di applicare gli erogatori già a basse densità

di popolazione. Tra i limiti della confusione sessuale vi è da segnalare il fatto che non si può controllare l'immigrazione di femmine fecondate da altre aree, che possono così ovideporre e perpetuare l'infestazione (Cardè & Minks, 1995).

Non vi sono chiare indicazioni che l'efficacia della tecnica della confusione sessuale possa variare con la specie di lepidottero contro la quale si applica, pertanto è da ritenere che gli erogatori disponibili in commercio abbiano lo stesso livello di efficacia per *E. kuehniella*, *P. interpunctella* e *C. cautella* (Trematerra *et al*., 2011). L'uso di un singolo componente del feromone, (*Z,E*)-9,12-tetradecadienil acetato, per trattare tutte e tre le specie è indubbiamente un vantaggio ulteriore nell'uso di questa tecnica (Anderbrant *et al*., 2009) soprattutto nel lungo periodo.

Le esperienze pratiche hanno fatto emergere la difficoltà a confrontare i risultati ottenuti anche sulla medesima specie, in realtà operative diverse, ed è per questo motivo che si è reso necessario utilizzare metodi alternativi al solito monitoraggio, in quanto la riduzione delle catture di maschi nelle trappole non è un diretto indicatore del successo del trattamento.

Sono stati quindi sperimentati altri sistemi di monitoraggio come il posizionamento di ovitrappole per verificare l'attività delle femmine; l'utilizzo di trappole ad acqua, che attraggono sia maschi che femmine, per verificare la diminuzione della popolazione anche con questo sistema di cattura; l'utilizzo di femmine sentinella e la dissezione in laboratorio delle stesse per verificare la presenza di spermatofore e valutarne lo stato di fecondate o vergini (Ryne *et al*., 2006; Savoldelli & Süss, 2010; Burks *et al*., 2011; Trematerra & Savoldelli, 2013; Trematerra *et al*., 2017).

Metodo attratticida o *attract and kill*

Il metodo attratticida è basato sul principio di attrarre gli insetti, per mezzo di feromoni o altri semiochimici, in un punto specifico, in cui entrino in contatto con un insetticida o vengano contaminati con qualche tipo di patogeno. Tale tecnica è particolarmente interessante per la possibilità di ridurre il quantitativo di insetticidi da utilizzare nei diversi reparti delle industrie alimentari e nelle aree di stoccaggio degli alimenti. Risultati positivi sono stati riportati in mulini e industrie dolciarie per il controllo di *E. kuehniella* e *C. cautella*, in Italia, e per il controllo di *L. serricorne* in magazzini alimentari alle Hawaii (Trematerra & Capizzi, 1991; Pierce, 1994; Trematerra, 1995; 1997; Süss *et al*., 1999), così come nei confronti di *P. interpunctella* negli Stati Uniti (Nansen & Phillips, 2002; 2004; Campos & Phillips, 2010; 2014).

Conclusioni

Le diverse esperienze di ricerca applicata nell'ambito della difesa delle derrate indicano che il crescente impiego dei feromoni nella gestione dei parassiti delle derrate può contribuire alla gestione delle infestazioni e alla riduzione del numero di trattamenti chimici, ma non può essere considerato come l'unico metodo di difesa antiparassitaria. Tali tecniche devono infatti essere considerate parte di programmi di lotta integrata, in ragione del fatto che i Lepidotteri Piraloidei Ficitidi non sono gli unici infestanti di questi ambienti.

BIBLIOGRAFIA

Anderbrant O., Ryne C., Olsson P.O.C., Jirle E., Johnson K., Löfstedt C., 2007 – *Pheromones and kairomones for detection and control of indoor pyralid moths*. - IOBC/WPRS Bulletin, 30: 73-77.

Anderbrant O., Ryne C., Sieminska E., Svensson G.P., Olsson P.O.C., Jirle E., Löfstedt C., 2009 – *Odour signals for detection and control of indoor pyralid moths*. - IOBC/WPRS Bulletin, 41: 69-74.

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Sciarretta A., Trematerra P., 2016 – *Mating disruption of* Ephestia kuehniella *(Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in a storage facility: spatio-temporal distribution changed after long-term application*. - Journal of Stored Product Research, 67: 1-12.

Brady U.E., Tumlinson J.H., Broenlee R.G., Silverstein R.M., 1971 – *Sex stimulant and attractant in the Indian meal moth and in the almond moth.* - Science, 171 (3973): 802-804.

Buchelos C.T., Levinson A.R., 1993 – *Efficacy of multisurface traps and Lasiotraps with and without pheromone addition, for monitoring and mass-trapping of* Lasioderma serricorne *F. (Col., Anobiidae) in insecticide-free tobacco stores*. - Journal of Applied Entomology, 116: 404-448.

Burkholder W.E., 1973 – *Black carpet beetle: Reduction of mating by megatomic acid, the sex pheromone.* - Journal of Economic Entomology, 66: 1372.

Burks C.S., Kuenen L.P.S., 2012 – *Effect of mating disruption and lure load on the number of* Plodia interpunctella *(Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) males captured in pheromone traps*. - Journal of Stored Products Research, 49: 189-195.

Burks C.S., McLaughlin J.R., Miller J.R., Brandl D.G., 2011 – *Mating disruption for control of* Plodia interpunctella *(Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in dried beans*. - Journal of Stored Products Research, 47(3): 216-221.

Campos M., Phillips T. W., 2010 – *Contact toxicity of insecticides for attract and kill applications against adult* Plodia interpunctella *(Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)*. - Pest Management Science, 66 (7): 752-761.

Campos M., Phillips T. W., 2014 – *Attract-and-kill and other pheromone-based methods to suppress populations of the Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae).* - Journal of Economic Entomology, 107 (1): 473-480.

Cardè R.T., Minks A.K., 1995 – *Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints*. - Annual Review of Entomology, 40: 559-585.

Carvalho M. O., Santos F., Mexia A., Torres L., 2006 – *Use of pheromone traps to assess* Lasioderma serricorne *(F.) (Coleoptera: Anobiidae) infestation in a cigarette factory*

on the Cape Verde islands. - African Entomology, 14 (2): 307-315.

CARVALHO M.O., MEXIA A., 2002 – *The use of pheromone traps for mass- trapping of* Lasioderma serricorne *in a cigarette factory in Portugal*. - Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-Product Protection, York: 222-229.

COX P.D., 2004 – *Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation*. - Journal of Stored Products Research, 40: 1-25.

FADAMIRO H.Y., BAKER T.C., 2002 – *Pheromone puffs suppress mating by* Plodia interpunctella *and* Sitotroga cerealella *in an infested corn store*. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 102: 239-251.

FIELDS P.G., WHITE N.D.G., 2002 – *Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects*. - Annual Review of Entomology, 47: 331-359.

FLEURAT-LESSARD F., PIMAUD M.F., CANGARDEL H., 1986 – *Effects de doses elevees de Zeta sur* Plodia interpunctella *Huebner (Lépidoptère: Pyralidae) dans le stocks de pruneaux d'angen*. In: Les Pheromones Sexuelles des Lépidoptére. Centre de recherches INRA de Bordeaux: 163-169.

HODGES R.J., BENTON F.P., HALL D.R., DOS SANTOS SERODIO R., 1984 – *Control of* Ephestia cautella *(Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) by synthetic sex pheromone in the laboratory and store*. - Journal of Stored Products Research, 20: 191-197.

HOWSE P., 2005 – *Prevention of mating by auto confusion: new pest management technology using electrostatic powders*. - IOBC/WPRS Bulletin, 28: 477-478.

HOWSE P., MACDONALD K., 2005 – *Mechanisms of the Exosect auto-confusion technique*. - IOBC/WPRS Bulletin, 28: 309-312.

HUGGETT N.J., STORM C.G., SMITH M.J., 2010 – *Behavioural effects of pheromone-based control system, Exosex™ SPTab, on male Indianmeal moth,* Plodia interpunctella. In: Carvalho M.O., Fields P.G., Adler C.S., Arthur F.H., Athanassiou C.G., Campbell J.F., Fleurat-Lessard F., Flinn P.W., Hodges R.J., Isikber A.A., Navarro S., Noyes R.T., Riudavets J., Sinha K.K., Thorpe G.R., Timlick B.H., Trematerra P., White N.D.G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection, 27 June - 2 July, Estoril. Julius Kühn Institut, Berlin: 119-124.

KUWAHARA Y., HARA H., ISHII S., FUKAMI H., 1971 – *The sex pheromone of the Mediterranean four moth*. - Agr. Biol. Chem, 35: 447.

LIKHAYO, P.W., HODGES, R.J., 2000 – *Field monitoring* Sitophilus zeamais *and* Sitophilus oryzae *using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat*. - Journal of Stored Products Research, 36: 341-353.

MAFRA-NETO A., BAKER T.C., 1996 – *Timed metered sprays of pheromone disrupt mating of* Cadra *cautella (Lepidoptera: Pyralidae)*. - Journal of Agricultural Entomology, 13: 149-168.

MAHROOF R.M., PHILLIPS T.W., 2014 – *Mating disruption of* Lasioderma serricorne *(Coleoptera: Anobiidae) in stored product habitats using the synthetic pheromone serricornin.* - Journal of Applied Entomology, 138(5): 378-386.

NANSEN C., PHILLIPS T.W., 2002 – *Attracticide for control of Indianmeal Moth,* Plodia interpunctella *(Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)*. In: Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-Product Protection, New York: 306-310.

NANSEN C., PHILLIPS T.W., 2004 – *Attractancy and toxicity of an attracticide for the Indianmeal moth,* Plodia interpunctella *(Lepidoptera: Pyralidae)*. - Journal of Economic Entomology, 97: 703-710.

PEASE G., STORM C.G., 2010 – *Efficacy of pheromone-based control system, Exosex™ SPTab, against moth pests in European food processing facilities*. - In: Carvalho M.O., Fields P.G., Adler C.S., Arthur F.H., Athanassiou C.G., Campbell J.F., Fleurat-Lessard F., Flinn P.W., Hodges R.J., Isikber A.A., Navarro S., Noyes R.T., Riudavets J., Sinha K.K., Thorpe G.R., Timlick B.H., Trematerra P., White N.D.G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection, 27 June - 2 July, Estoril. Julius Kühn Institut, Berlin: 183-189.

PHILLIPS T.W., JIANG X.L., BURKHOLDER W.E., PHILLIPS J.K., TRAN, H.Q., 1993 – *Behavioural responses to food volatiles by two species of stored-product Coleoptera,* Sitophilus oryzae *and* Tribolium castaneum. - Journal of Chemical Ecology, 19: 723-734.

PHILLIPS T.W., THRONE J.E., 2010 – *Biorational approaches to managing stored-product insects.* - Annual Review of Entomology, 55: 375-397.

PIERCE LH. 1994 – *Using pheromones for the location and suppression of phycitid and cigarette beetles in Hawaii – a five-year summary*. - Proceedings 6th International Working Conference on Stored-Product Protection, Canberra 1994: 439-433.

PREVETT P.F., BENTON F.P., HALL D.R., HODGES R.J., DOS SANTOS SERODIO R., 1989 – *Suppression of mating in* Ephestia cautella *(Walker) (Lepidoptera: Phycitidae)*. - Journal of Stored Products Research, 25: 147-154.

ROTUNDO G., GERMINARA G.S., 2015 – *I semiochimici in agricoltura*. - Atti della Accademia dei Georgofili, Serie VIII, vol. 12: 25-41.

RYNE C., EKEBERG M., JONZÉN N., OEHLSCHLAGER C., LÖFTEDT C., ANDERBRANT O., 2006 – *Reduction in an almond moth* Ephestia cautella *(Lepidoptera: Pyralidae) population by means of mating disruption*. - Pest Management Science, 62: 912-918.

RYNE C., SVENSSON G.P., ANDERBRANT O., LÖFTEDT C., 2007 – *Evaluation of long-term mating disruption of* Ephestia kuehniella *and* Plodia interpunctella *(Lepidoptera: Pyralidae) in indoor storage facilities by pheromone traps and monitoring of relative aerial concentrations of pheromone.* - Journal of Economic Entomology, 100: 1017-1025.

RYNE C., SVENSSON G.P., LÖFSTEDT C., 2001 – *Mating disruption of* Plodia interpunctella *in small-scale plots: effects of pheromone blend, emission rates and population density*. - Journal of Chemical Ecology, 27: 2109-2124.

SAVOLDELLI S., SÜSS L., 2010 – *Integrated control of* Ephestia cautella *(Walker) in a confectionary factory*. In: Carvalho M.O., Fields P.G., Adler C.S., Arthur F.H., Athanassiou C.G., Campbell J.F., Fleurat-Lessard F., Flinn P.W., Hodges R.J., Isikber A.A., Navarro S., Noyes R.T., Riudavets J., Sinha K.K., Thorpe G.R., Timlick B.H., Trematerra P., White N.D.G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection 27 June - 2 July, 2010 Estoril. Julius Kühn Institut, Berlin: 991-992.

SHANI A., CLEARWATER J., 2001 – *Evasion of mating disruption in* Ephestia cautella *(Walker) by increased pheromone production relative to that of undisrupted populations*. - Journal of Stored Products Research, 37: 237-252.

SIEMINSKA E., RYNE C., LÖFSTEDT C., ANDERBRANT O., 2009 – *Long-term pheromone mediated mating disruption of the Mediterranean flour moth, Ephestia kuehniella, in a flour mill.* - Entomologia Experimentalis et Applicata, 131: 294-299.

SOWER L.L., WITMER G.P., 1977 – *Population growth and mating success of Indianmeal moths and Almond moths in the presence of synthetic sex pheromone*. - Environmental Entomology, 6: 17-20.

Sower L.L., Turner W.K., Fish J.C., 1975 – *Population-density-dependent mating frequency among* Plodia interpunctella *(Lepidoptera: Phycitidae) in the presence of synthetic sex pheromone with behavioral observations*. - Journal of Chemical Ecology, 1: 335-342.

Süss L., Locatelli D.P., Marrone R., 1996 – *Possibilities and limits of mass trapping and mating disruption techniques in the control of* Ephestia kuehniella *(Zell.) (Lepidoptera Phycitidae)*. - Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura, 28: 77-89.

Süss L., Locatelli D.P., Marrone R., 1999 – *Mating suppression of the Mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella *Zeller) (Lepidoptera Pyralidae) in a food industry*. - Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura, 31: 59-66.

Swords P., van Ryckeghem A., 2010a – *Summary of commercially available pheromones of common stored-product beetles.* In: Carvalho M.O., Fields P.G., Adler C.S., Arthur F.H., Athanassiou C.G., Campbell J.F., Fleurat-Lessard F., Flinn P.W., Hodges R.J., Isikber A.A., Navarro S., Noyes R.T., Riudavets J., Sinha K.K., Thorpe G.R., Timlick B.H., Trematerra P., White N.D.G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection 27 June - 2 July, 2010 Estoril. Julius Kühn Institut, Berlin: 1004-1007.

Swords P., van Ryckeghem A., 2010b – *Summary of commercially available pheromones of common stored-product moths*. In: Carvalho M.O., Fields P.G., Adler C.S., Arthur F.H., Athanassiou C.G., Campbell J.F., Fleurat-Lessard F., Flinn P.W., Hodges R.J., Isikber A.A., Navarro S., Noyes R.T., Riudavets J., Sinha K.K., Thorpe G.R., Timlick B.H., Trematerra P., White N.D.G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection 27 June - 2 July, 2010 Estoril. Julius Kühn Institut, Berlin: 1008-1010.

Trematerra P., Gentile P., 2010 – *Five years of mass trapping of* Ephestia kuehniella *Zeller: a component of IPM in a flour mill*. - Journal of Applied Entomology 2010, 134:149-156.

Trematerra P., 1994 – *Control of* Ephestia kuehniella *Zeller by sex pheromones in the flour mill*s. - Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz, 67:74-77.

Trematerra P., 1989 – *Pheromone trapping and mating disruption leading to insectistasis*. - Boletin de Sanidad Vegetal, 17: 495-510.

Trematerra P., 1990 – *Population dynamic of* Ephestia kuehniella *Zeller in a flour mill: three years of mass-trapping.* - Proc. 5th Int. Working Conf. Stored- Product Protection, Bordeaux: 1435-1443.

Trematerra P., 1995 – *The use of attracticide method to control* Ephestia kuehniella *Zeller in flour mills*. - Anz Schadlingsk Pflanzenschutz Umweltschutz*,* 68: 69-73.

Trematerra P., 1997 – *Integrated pest Management of stored-product insects: practical utilization of pheromones*. - Anz Schadlingsk Pflanzenschutz Umweltschutz, 70: 41-44.

Trematerra P., Athanassiou C., Stejskal V., Sciarretta A., Kavallieratos N., Palyvos N., 2011 – *Large scale mating disruption of* Ephestia *spp. and* Plodia interpunctella *in Czech Republic, Greece and Italy*. - Journal of Applied Entomology, 135: 749-762.

Trematerra P., Athanassiou C.G., Sciarretta A., Kavallieratos N.G., Buchelos C.T., 2013 – *Efficacy of the auto-confusion system for mating disruption of* Ephestia kuehniella *(Zeller) and* Plodia interpunctella *(Hübner)*. - Journal of Stored Products Research, 55: 90-98.

Trematerra P., Battaini F., 1987 – *Control of* Ephestia kuehniella *Zeller by mass-trapping*. - Journal of Applied Entomology*,* 104: 336-340.

Trematerra P., Capizzi A., 1991 – *Attracticide method in the control of* Ephestia kuehniella *Zeller: studies on effectiveness*. - *Journal of Applied Entomology,* 111: 451-456.

Trematerra P., Gentile P., 2010 – *Five years of mass trapping of* Ephestia kuehniella *Zeller: a component of IPM in a flour mill*. - Journal of Applied Entomology, 134: 149-156.

Trematerra P., Oliviero A., Savoldelli S., Schoeller M., 2017 – *Controlling infestation of a chocolate factory by* Plodia interpunctella (*Hübner) by combining mating disruption and the parasitoid* Habrobracon hebetor *(Say)*. - Insect Science, 24 (3): 503-510.

Trematerra P., Savoldelli S., 2013 – *The use of water traps and presence of spermatophores to evaluate mating disruption in the almond moth,* Ephestia cautella*, during exposure to synthetic sex pheromone*. - Journal of Pest Science, 86 (2): 227-233.

Trematerra P., Spina G., 2013 – *Mating-disruption trials for control of Mediterranean flour moth,* Ephestia kuehniella *Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), in traditional flour mills*. - Journal of Food Protection, 76 (3): 456-461.

Tremblay E., Rotundo G., 1980 – *I feromoni. Prospettive di controllo biologico degli insetti in agricoltura*. - Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1: 51-56.

Vick K.W., Coffelt J.A., Sullivan M.A., 1978 – *Disruption of pheromone communication in the Angoumois grain moth with synthetic female sex pheromone*. - Environmental Entomology, 7:528-531.

218 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 219-223

EFFETTO DEL TRATTAMENTO CON POLVERI INERTI SULLE INTERAZIONI SEMIOCHIMICHE INSETTO - PIANTA OSPITE

GIACINTO SALVATORE GERMINARA [a] - MARCO PISTILLO [a] - ANTONIO DE CRISTOFARO [b]
GIUSEPPE ROTUNDO [b]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente, Università degli Studi di Foggia, Via Napoli 25, 71122 Foggia;* e-mail: giacinto.germinara@unifg.it
[b] *Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Via De Sanctis, 86100 Campobasso:* rotundo@unimol.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Effect of inert dust treatment on insect-host plant semiochemical interactions

Inert dusts are a wide variety of dry powders, chemically non-reactive in nature, whose use for stored products protection has ancient origins. In recent years, the increased demand for healthy and safe food and the legislative limitations on the use of synthetic insecticides are increasing the interest for the application of inert dusts in Integrated Pest Management (IPM) strategies for storage pests. The main mode of action of inert dusts towards arthropods is the absorption and abrasion of the epicuticular waxes causing an excessive and irreversible body water loss and ultimately the arthropod's death by desiccation. Further effects of inert dusts towards insects, still little investigated, include interference with their reproductive activity, growth of pre-imaginal stages, host-plant location capability. The olfactory responses of *Sitophilus granarius* (L.) adults to untreated and kaolin-treated wheat kernels have been investigated by behavioral, electrophysiological, and chemical analyses. Kaolin used to treat kernels absorbed wheat volatile compounds which were perceived by the antennal olfactory system of adult insects. As a result, the insects' capability to orient towards the host substrate was significantly reduced strongly suggesting interference with chemical communication in insect-host plant interactions as a further mode of action of inert dusts.

KEY WORDS: granary weevil, kaolin, host-plant location, wheat volatiles, behavioral bioassays.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, la sempre maggiore attenzione posta dall'opinione pubblica alle problematiche di inquinamento ambientale e di sicurezza alimentare ha determinato una crescente domanda di alimenti ottenuti con metodi ecosostenibili. Le drastiche limitazioni legislative imposte all'uso di insetticidi di sintesi in post-raccolta, inoltre, sta complicando il già grave problema della resistenza degli infestanti alle poche molecole insetticide ancora autorizzate. In tale contesto, la gestione degli infestanti è sempre più indirizzata verso l'adozione di strategie di controllo integrato, basate principalmente sull'impiego di mezzi di lotta a basso impatto tra cui le polveri inerti.

In generale, viene definita "polvere inerte" una polvere secca, di varia origine, chimicamente non reattiva in natura (SUBRAMANYAM e ROESLI, 2000). Oltre che per la protezione delle piante e dei loro prodotti da vari agenti biotici (microrganismi, artropodi) e abiotici (stress idrico, caldo) di danno, le polveri inerti trovano applicazione nel settore agro-alimentare anche per il miglioramento delle caratteristiche dei suoli (capacità di ritenzione idrica, adsorbimento di elementi nutritivi, riduzione del contenuto di metalli pesanti), il rilascio controllato di imput chimici (fertilizzanti, erbicidi, geodisinfestanti), in alcuni processi di trasformazione (filtrazione e chiarificazione di bevande) e come additivi alimentari. Relativamente a quest'ultimo aspetto, va evidenziato che la Food and Drug Administration degli Stati Uniti classifica diverse polveri inerti come composti "Generally Recognised as Safe" (FDA GRAS listings, 2006).

L'utilizzo delle polveri inerti per la protezione delle derrate dagli attacchi degli artropodi ha origini antichissime e viene fatto risalire agli Aztechi dell'antico Messico (GOLOB, 1997). Secondo BANKS e FIELDS (1995), le polveri inerti utilizzate per la protezione delle derrate possono essere suddivise in quattro gruppi. Il primo comprende argille, sabbie e ceneri tra cui caolino, attapulgite, cenere vulcaniche, ceneri della combustione di materiale vegetale. Il secondo include minerali e sali tra cui dolomite, magnesite, rocce fosfatiche, zolfo in polvere, ossicloruro di rame, idrossido di calcio, carbonato di calcio, cloruro di sodio. Il terzo comprende le polveri sintetiche di silice, caratterizzate da un contenuto di SiO_2 superiore al 99,5%, tra cui gel di silice e trisilicofosfati di calcio. il quarto gruppo, infine, include le polveri naturali di

– Pubblicato marzo 2020

silice rappresentate fondamentalmente dalle terre di diatomee e dalle zeoliti.
Numerosi studi hanno evidenziato le proprietà biocide, nei confronti di acari e insetti infestanti le derrate, di polveri appartenenti ai suddetti gruppi (Subramanyam e Roesli, 2000; Athanassiou e Arthur, 2018). Da tali studi è emerso che le argille, sabbie, ceneri, minerali e sali (primo e secondo gruppo) proteggono sufficientemente la granella di cereali e legumi da acari e insetti se applicate a dosi maggiori di 10 g/Kg (Jenkins, 1940; Parkin, 1944; Gay *et al.*, 1947) mentre le polveri sintetiche e naturali di silice (terzo e quarto gruppo) garantiscono un adeguato controllo degli infestanti a dosi di 0,5 - 1 g/Kg di granella (Golob, 1997). Nel caso del caolino, rientrante tra le polveri del primo gruppo, è stato tuttavia dimostrato che la sua attivazione, mediante trattamento con acidi, ne migliora significativamente l'attività insetticida consentendo di ridurne la dose d'impiego (Permual e le Patourel, 1992).
La possibilità di impiegare le polveri inerti a bassi dosaggi assume un'importanza fondamentale per la loro applicazione nella protezione di cereali e legumi in granella in quanto il trattamento, pur non modificando le caratteristiche qualitative e tecnologiche della granella, ne determina una riduzione del peso specifico, proporzionale alla quantità di polvere utilizzata (Korunic *et al.*, 1996). Tale effetto, dovuto all'aumento del volume della massa trattata come conseguenza dell'aumento degli spazi interstiziali tra i semi, rappresenta il principale svantaggio dell'uso delle polveri inerti ed ha indirizzato l'interesse principalmente verso polveri maggiormente efficaci quali terre di diatomee, zeoliti e caolino.
Le terre di diatomee sono resti fossili di alghe microscopiche (Bacillariophyceae) il cui scheletro, a struttura porosa e prevalentemente formato da silice amorfa e da ossidi di alluminio, calcio, ferro e altri minerali, si è depositato durante il Cenozoico (Subramanyam e Roesli, 2000). Soprattutto negli Stati Uniti, sono stati registrati numerosi formulati a base di terre di diatomee per il controllo di specie appartenenti a vari ordini di artropodi dannosi in pieno campo e in postraccolta. Tali registrazioni sono supportate da una vasta letteratura scientifica che oltre a dimostrarne l'efficacia verso i diversi stadi biologici degli infestanti ha messo in evidenza anche importanti effetti additivi o sinergici qualora applicate in combinazione, per ridurne appunto le dosi d'impiego, con alcuni insetticidi di sintesi (Arthur, 2004), estratti vegetali (Athanassiou e Korunic, 2007; Yang *et al.*, 2010) e microrganismi entomopatogeni (Lord, 2001; Athanassiou e Steenberg, 2007).
Le zeoliti formano un'ampia famiglia di alluminosilicati cristallini idratati di metalli terrosi, principalmente sodio, potassio e calcio (Barrer, 1978). Originate dalla reazione di rocce e di cenere vulcaniche con acque alcaline, le zeoliti hanno una struttura a cavità interconnesse occupate da cationi e molecole d'acqua (Gottardi e Galli, 1985). Gli studi per la valutazione delle zeoliti per il controllo di artropodi dannosi sono ancora limitati ma ne stanno dimostrando un'efficacia paragonabile a quella delle terre di diatomee (Germinara *et al.*, 2018) da cui non differiscono molto anche per struttura chimica. Pochi sono i formulati a base di zeolite attualmente in commercio sebbene negli ultimi anni si stia manifestando un interesse crescente per questi materiali soprattutto dopo l'inserimento, da parte dell'European Food Safety Authority (EFSA), della clinoptilolite nella lista delle sostanze considerate sicure per l'uso come additivi in alimenti e mangimi (EFSA, 2013a,b).
Il caolino è una roccia ad elevato contenuto di caolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$, un minerale alluminosilicato in cui strati tetraedrici di silice (SiO_4) si legano, mediante atomi di ossigeno, a strati ottaedrici di allumina (AlO_6) (Glenn e Puterka, 2005). L'efficacia del caolino è stata dimostrata sia per il contenimento di afidi, tripidi e lepidotteri in campo (Mazor e Erez 2004; Marko *et al.*, 2008; De Smedt *et al.*, 2015) che il controllo di coleotteri infestanti le derrate conservate (Swamiappan *et al.*, 1976; Permual e le Patourel, 1990).
La struttura porosa delle terre di diatomee, delle zeoliti e del caolino conferisce a tali materiali un'elevata superficie interna ed esterna che permette scambi ionici e reazioni chimiche (Breck, 1974) da cui molto probabilmente dipende il loro meccanismo di azione contro gli artropodi.

Meccanismo di azione delle polveri inerti

Vari meccanismi di azione sono stati proposti per spiegare l'attività acaricida e insetticida delle polveri inerti tra cui (1) l'occlusione degli stigmi e la conseguente morte dell'insetto per asfissia, (2) l'abrasione della cuticola a livello delle membrane intersegmentali e conseguente morte per disidratazione, (3) disseccamento corporeo per assorbimento di acqua attraverso la cuticola, (4) ingestione di particelle di polvere inerte, (5) assorbimento delle cere epicuticolari con conseguente perdita irreversibile di acqua attraverso la cuticola.
Osservazioni più dettagliate al riguardo hanno permesso di chiarire il contributo dei diversi possibili meccanismi di azione. Per esempio, la uguale quantità di ossigeno consumata da adulti di *Acanthoscelides obtecticus* L. trattati con silice cristallina o bentonite rispetto ad adulti non trattati (Chiu, 1939), la maggiore efficacia di polveri con caratteristiche idrofobiche rispetto a polveri idrofiliche (Alexander *et al.*, 1944), l'incapacità di alcuni acari di ingerire particelle di driacide (Cook e Armitage, 1999) ha portato ad escludere, o comunque a considerare trascurabili, rispettivamente l'occlusione

degli stigmi, l'assorbimento di acqua dal corpo e l'ingestione di particelle come possibile meccanismo di azione.
Allo stato attuale si ritiene che il meccanismo di azione di queste polveri sia principalmente dovuto all'assorbimento e, in misura minore, all'abrasione dei lipidi che formano lo strato ceroso dell'epicuticola che, causando una perdita eccessiva e irreversibile di acqua dal corpo, determinano la morte dell'acaro o dell'insetto per disidratazione. In una serie di esperimenti, infatti, Ebeling (1961) dimostrò che un film di cera d'ape distribuita su un vetrino era adsorbito da un gel di silice (SG-67) dopo 1 ora di contatto a 22°C, che il gel subiva un viraggio del colore dal grigiastro al bianco e che la cera migrava all'interno del gel di silice. Fu dimostrato, inoltre, che la migrazione della cera avviene anche in presenza di umidità relativa molto elevata (100%) sebbene in tempi più lunghi a causa dell'ostacolo creato dalla formazione di uno strato di molecole di acqua sulla superficie del gel di silice. Lo stesso autore, pertanto, ha concluso che l'efficacia insetticida di una polvere inerte dipende fondamentalmente dalle dimensioni dei suoi pori (> 20 Angstroms), dalla superficie specifica e dalla capacità di assorbimento di sostanze oleose. Il ruolo secondario dell'effetto abrasivo delle polveri inerti è dimostrato, invece, dal fatto che polveri con proprietà assorbenti sono, in genere, più efficaci di quelle ad azione abrasiva (Alexander *et al.*, 1944).
Secondo alcuni autori, la mortalità indotta dal trattamento con polveri inerti non è dovuta al loro effetto disidratante "*tout court"* ma a cambiamenti fisiologici indotti dalla disidratazione come la produzione dell'ormone bursicone (Vincent, 1971) che determinerebbe un'ulteriore emissione di liquido corporeo attraverso il sistema tracheale (Roeder, 1953) e la cuticola.
In ogni caso, sebbene rimangano alcuni aspetti da chiarire in relazione alle varie tipologie di polveri inerti e della specie bersaglio, si è concordi nel ritenere che il meccanismo di azione delle polveri inerti sia di tipo prevalentemente "fisico" come anche suggerito dal fatto che la morte dell'organismo trattato avviene più lentamente (diversi giorni) rispetto a quella causata dal trattamento con sostanze tossiche (alcune ore), agenti secondo meccanismi di tipo biochimico.

Ulteriori effetti del trattamento con polveri inerti

Il trattamento con polveri inerti, definito dagli anglosassoni "particle film technology", può determinare effetti negativi su varie funzioni vitali degli insetti tra cui riduzione dell'accoppiamento, della deposizione e della schiusura delle uova, limitazione della capacità di aggredire il substrato ospite, aumento dei tempi di sviluppo, riduzione di massa corporea, allontanamento dell'insetto dopo contatto con una superficie trattata (deterrenza), interferenza sulla capacità di localizzazione della pianta ospite (Knight *et al.*, 2000; Mazor e Erez, 2004; Larentzaki *et al.,* 2008; De Smedt *et al.*, 2015). Quest'ultimo effetto è stato imputato al mascheramento visivo della pianta all'insetto a seguito, per esempio, dell'imbiancamento della sua superfice con caolino (Arthur e Puterka, 2002; Mahmoud *et al.*, 2010; Sheibani *et al.*, 2016). Poco studiata, invece, è la possibile interferenza del trattamento con polveri inerti sulla comunicazione chimica interspecifica tra insetto fitofago e pianta ospite. Considerata la natura porosa delle polveri inerti, appare possibile che esse possano assorbire, almeno in parte, composti volatili emessi dalle piante coinvolti nei processi di localizzazione dei siti di alimentazione, accoppiamento e ovideposizione dei fitofagi (Visser, 1986).

Effetto del trattamento con caolino sulle interazioni semiochimiche *Sitophilus granarius* - pianta ospite

Per chiarire le possibili interferenze del trattamento con polveri inerti sulla comunicazione insetto - pianta ospite, è stato studiato l'orientamento degli adulti di *Sitophilus granarius* (L.) verso gli odori di cariossidi di frumento trattate con caolino, essendo nota l'attrattività del frumento verso questa specie (Levinson e Kanaujia, 1982; Germinara *et al.*, 2008).
I risultati dello studio, condotto mediante tecniche di indagine comportamentale, elettrofisiologica e chimica sono di seguito riassunti. Biosaggi di doppia scelta, condotti in olfattometro a caduta, hanno confermato l'elevata attrattività delle cariossidi di frumento verso gli adulti di *S. granarius*. Tale attrattività ha subito una significativa riduzione dopo 24 h di trattamento delle cariossidi con caolino ed è stata ripristinata dopo rimozione della polvere dalla superficie delle cariossidi mediante setacciatura e getti d'aria (Fig. 1). Il caolino da solo non ha indotto effetti attrattivi o repellenti. Pertanto, tali esperimenti hanno suggerito che il trattamento con caolino è in grado di interferire efficacemente sul processo di localizzazione dell'ospite da parte degli adulti di *S. granarius*.
Per supportare i risultati di tali esperimenti con ulteriori indagini, sono stati preparati estratti in solvente da caolino recuperato da cariossidi di frumento dopo 24 h di trattamento e da caolino tal quale (controllo).
In biosaggi comportamentali, l'estratto di caolino tenuto a contatto con le cariossidi è risultato attrattivo verso gli adulti del curculionide mentre quello da caolino tal quale non ha indotto orientamento preferenziale degli insetti verso lo stimolo (estratto) o il controllo (solvente) suggerendo, quindi, la presenza

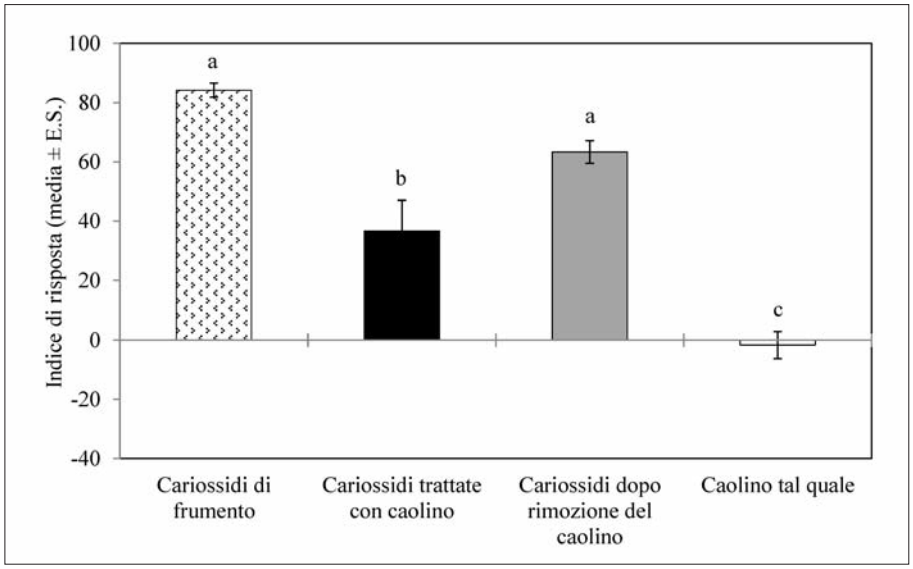


Fig. 1 - Indice di risposta (IR), in olfattometro a doppia scelta, di adulti di *S. granarius* agli odori di cariossidi di frumento non trattate, trattate con caolino, dopo parziale rimozione del caolino (setacciatura e getti d'aria), caolino tal quale. IR = [(numero di insetti nel trattato - numero di insetti nel controllo) /numero totale di insetti] x 100 (GERMINARA *et al.*, 2008). I valori contrassegnati con lettere diverse indicano differenze significative per P = 0,05 (test di Tukey).

nel primo estratto di sostanze volatili dei cereali ad azione attrattiva verso gli insetti. Per confermare la presenza di tali sostanze nell'estratto sono stati condotti saggi elettrofisiologici e analisi chimiche.

In saggi elettroantennografici (EAG), le risposte EAG di maschi e femmine di *S. granarius* verso l'estratto da caolino tenuto a contatto con le cariossidi sono risultate significativamente maggiori di quelle indotte dall'estratto da caolino tal quale, indicando, nel primo estratto, la presenza di composti volatili dei cereali in grado di stimolare il sistema olfattivo antennale degli insetti.

L'analisi chimica degli stessi estratti, mediante gascromatografia abbinata a spettrometria di massa (GC-MS), ha confermato, infine, la presenza, nell'estratto EAG più attivo, di composti volatili (acido esanoico, acido nonanoico, ottanale, nonanale, decanale, dodecanale, 2-pentadecanone, farnesol) noti per essere emessi dai cereali (MAGA, 1978) che, invece, non sono stati riscontrati nell'estratto da caolino tal quale.

In definitiva, lo studio ha dimostrato che il caolino è in grado di assorbire composti volatili emessi dal frumento che sono percepiti dal sistema olfattivo degli adulti di *S. granarius* e che tale assorbimento determina una significativa riduzione della capacità degli insetti di orientarsi verso il substrato ospite.

Alla luce di tali risultati, appare possibile considerare l'interferenza sulle interazioni semiochimiche tra insetto e pianta ospite come un ulteriore meccanismo di azione delle polveri inerti.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni, la maggiore domanda di alimenti sani e sicuri e le limitazioni legislative imposte all'uso degli insetticidi di sintesi stanno accrescendo l'interesse per l'impiego delle polveri inerti in strategie di controllo integrato degli insetti infestanti le derrate. Le polveri inerti comprendono un'ampia varietà di polveri secche, chimicamente non reattive in natura, il cui impiego per la protezione delle derrate ha origini antiche. Il meccanismo di azione di tali polveri è principalmente di tipo fisico essendo dovuto all'azione assorbente e abrasiva nei confronti delle cere epicuticolari degli artropodi che, provocando una perdita eccessiva e irreversibile di acqua dal corpo, ne causa la morte. Altri effetti, meno studiati, delle polveri inerti nei confronti degli insetti riguardano l'interferenza sull'attività riproduttiva, sull'accrescimento degli stadi giovanili, sulla capacità di localizzazione della pianta ospite. Si riportano i risultati di studi comportamentali, elettrofisiologici e chimici per valutare l'effetto del trattamento di cariossidi di frumento con caolino sull'orientamento di adulti di *S. granarius* verso il substrato ospite. I risultati mostrano che il caolino è in grado di assorbire composti volatili delle cariossidi che sono percepite dal sistema olfattivo dell'insetto e che tale assorbimento determina una significativa riduzione dell'attrattività delle cariossidi verso l'insetto suggerendo l'interferenza sulle interazioni semiochimiche insetto-pianta ospite come ulteriore meccanismo di azione delle polveri inerti.

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER P., KITCHENER J.A., BRISCOE H.V.A., 1944 - *Inert dust insecticides.* - Ann. Appl. Biol., 31: 143-159.

ARTHUR F.H., 2004 - *Evaluation of a new insecticide formulation (F2) as a protectant of stored wheat, maize, and rice.* - J. Stored Prod. Res., 40: 317-330.

ARTHUR F.H., PUTERKA G.J., 2002 - *Evaluation of kaolinite-based particle films to control* Tribolium *species (Coleoptera: Tenebrionidae).* - J. Stored Prod. Res., 38: 341-348.

ATHANASSIOU C.G., KORUNIC Z., 2007 - *Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored grain beetle species.* - J. Stored Prod. Res., 43: 468-473.

ATHANASSIOU C.G., STEENBERG T., 2007 - *Insecticidal effect of* Beauveria bassiana *(Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against* Sitophilus granarius *(L.) (Coleoptera: Curculionidae).* - Biol. Control, 40: 411-416.

ATHANASSIOU C.G., ARTHUR F.H., 2018 - *Bacterial insecticides and inert Materials.* In: Recent advances in stored product protection, Athanassiou C.G., Arthur F.H., Ed., Springer-Verlag GmbH, pp. 83-98.

BANKS J.H., FIELDS P.G., 1995 - *Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems.* In: Stored-grain ecosystems, Jayas D.S., White N.D.G., Muir W.E. Ed., Marcel Dekker, New York, pp. 353-409.

BARRER R.M., 1978 - *Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves.* Academic Press, London and New York Inc., VIII + 497 pp.

BRECK, D.W., 1974. *Zeolite molecular sieves: structure, chemistry and use.* Wiley Interscience, New York, 771 pp.

CHIU S.F., 1939 - *Toxicity studies of so-called "inert" materials with the bean weevil,* Acanthoscelides obtectus *(Say).* - J. Econ. Entomol., 32: 240-248.

COOK D.A., ARMITAGE D.M., 1999 - *The efficacy of Dryacide, an inert dust, against two species of Astigmatid mites,* Glycyphagus destructor *and* Acarus siro*, at nine temperature and moisture content combinations on stored grain.* - Exp. Appl. Acarol., 23: 51-63.

DE SMEDT C., SOMEUS E., SPANOGHE P., 2015 - *Potential and actual uses of zeolites in crop protection.* - Pest Manag. Sci., 71: 1355-1367.

EBELING W., 1961 - *Physicochemical mechanisms for the removal of insect wax by means of finely divided powders.* – Hilgardia, 30: 531-564.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2013a - *Panel on Food Contact Materials, Enyzmes, Flavourings and Processing Aids.* - EFSA Journal, 11: 3155.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2013b - *Panel of Additives and Products or Substances used in Animal Feed.* 2013b. - EFSA Journal, 11: 3039.

FDA GRAS List, 2006 - *Sodium Aluminasilicates.* Database of select committee on GRAS substances reviews.

GAY F.J., RATCLIFFE F.N., MCCULLOCH R.N., 1947 - *Studies on the control of wheat insects by dusts. I. Field tests of various mineral dusts against grain weevils.* - Council Sci. Ind. Res. (Aust.) Bull., 182: 7-20,

GERMINARA G.S., DE CRISTOFARO A., ROTUNDO G., 2008 - *Behavioral responses of adult* Sitophilus granarius *to individual cereal volatiles.* - J. Chem. Ecol., 34: 523-529.

GERMINARA G.S., ALBANESE R., PISTILLO O.M., 2018 - *Valutazione dell'efficacia di una zeolite cubana contro gli infestanti.* - Tecnica Molitoria, 70: 38-46.

GLENN D.M., PUTERKA G.J., 2005 - *Particle films: a new technology for agriculture.* - Hortic. Rev., 31: 1-44.

GOLOB P., 1997 - *Current status and future inert dusts for control of stored product insects.* - J. Stored Prod. Res., 33: 69-79.

GOTTARDI G., GALLI E., 1985 - *Natural Zeolites.* Springer-Verlag, Berlin, XII+409 pp.

JENKINS C.F.H., 1940 - *Notes on control of weevils in wheat.* - J. Dept. Agric. Western Aust., 17: 411-417.

KNIGHT A.L., UNRUH T.R., CHRISTIANSON B.A., PUTERKA G.J., GLENN D.M., 2000 - *Effects of a kaolin-based particle film on obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae).* - J. Econ. Entomol., 93: 744-749.

KORUNIC Z., FIELDS P.G., KOVACS M.L.P., NOLL J.S., LUKOW O.M., DEMIANYK C.J., SHIBLEY K.J., 1996 - *The effect of diatomaceous earth on grain quality.* - Postharvest BioI. Technol., 9: 373-387.

LARENTZAKI E., SHELTON A.M., PLATE J., 2008 - *Effect of kaolin particle film on* Thrips tabaci *(Thysanoptera: Thripidae), oviposition, feeding and development on onions: a lab and field case study.* - Crop Prot., 27: 727-734.

LEVINSON H., KANAUJIA K.R., 1982 - *Feeding and oviposition behavior of the granary weevil (*Sitophilus granarius *L.) induced by stored wheat, wheat extracts and dummies.* - Z. angew. Entomol., 93: 292-305.

LORD J.C., 2001 - *Desiccant dusts synergize the effect of* Beauveria bassiana *(Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles.* - J. Econ. Entomol., 94: 367-372.

MAGA J.A., 1978 - *Cereal volatiles, a review.* - J. Agric. Food Chem., 26: 175-178.

MAHMOUD A.E.M., EL-SEBAI O.A., SHAHEN A.A., MARZOUK A.A., 2010 - *Impact of kaolin-based particle film dusts on* Callosobruchus maculatus *(F.) and* C. chinensis *(L.) after different storage periods of treated broad bean seeds.* 10th International Working Conference on Stored Product Protection*,* Estoril, Portugal, Julius Kühn-Institut, Berlin, Germany 425: 638-646.

MARKO V., BLOMMERS L.H.M., BOGYA S., HELSEN H., 2008 - *Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid.* - J. Appl. Entomol., 132: 26-35.

MAZOR M., EREZ A., 2004 - *Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations.* - Crop Prot., 23: 47-51.

PARKIN E.A., 1944 - *Control of the granary weevil with finely ground mineral dusts.* - Ann. Appl. BioI., 31: 84-88.

PERMUAL D., IE PATOUREL G.N.J., 1990 - *Laboratory evaluation of acid-activated kaolin to protect stored paddy against infestation by stored product insects.* - J. Stored Prod. Res., 26: 149-153.

PERMUAL D., IE PATOUREL G.N.J., 1992 - *Small bin trials to determine the effectiveness of acid activated kaolin against four species of beetles infesting paddy under tropical storage conditions.* - J. Stored Prod. Res., 28: 193-199.

ROEDER L.D., 1953 - *Insect Physiology.* John Wiley & Sons, Inc., New York.

SHEIBANI Z., SHOJAII M., SHOJAADDINI M., IMANI S., HASSANI M.R., 2016 - *Repellency of kaolin particle film to common pistachio psyllid,* Agonoscena pistaciae *under field conditions.* - Bull. Insectology, 69: 7-12.

SUBRAMANYAM B., ROESLI R., 2000 - *Inert dusts.* In: Alternatives to pesticides in stored-product IPM, Subramanyam B., Hagstrum D.W. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 321-380

SWAMIAPPAN M., JAYARAJ S., CHANDY K.C., SUNDARAMURTHY V.T., 1976 - *Effect of activated kaolinitic clay on some storage insects.* - Z. angew. Enf., 80: 385-389.

VINCENT J.F.V., 1971 - *Effects of bursicon on cuticular properties of* Locusta migratoria migratoria. - J. Insect Physiol., 17: 625-636.

VISSER J.H., 1986 - *Host odor perception in phytophagous insects.* - Annu. Rev. Ent., 37: 141-172.

YANG F.L., LIANG G.W., XU Y.J., LU Y.Y., ZENG L., 2010 - *Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic,* Allium sativum*, essential oil against stored product pests.* - J. Stored Prod. Res., 46: 118-123.

224 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 225-230

IL CONTROLLO BIOLOGICO NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

AGATINO RUSSO[a] - POMPEO SUMA[a]

[a] *Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A) – sez. Entomologia applicata, Università degli studi di Catania, Via Santa Sofia, 100, 95123 Catania;* e-mail: agarusso@unict.it.
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia – Firenze, 15 novembre 2019.

Biological control in food industries

Several reviews on biological control of stored-product pests have been published during the last 30 years reporting advantages and disadvantages of this approach for the management of different stored food pests. A brief summarization on the potential and practical application of the main predators [i.e. *Xylocoris flavipes* (Reuter)] and parasitoids [i.e. *Anisopteromalus calandrae* (Howard)*, Habrobracon hebetor* (Say)*, Holepyris sylvanidis* (Brèthes)] of some stored food pests, is herein presented and discussed.

KEY WORDS: predators; parasitoids; pest insects; stored food.

INTRODUZIONE

Dopo il raccolto molte piante agricole e prodotti alimentari, ad esempio cereali, semi oleosi, legumi o frutti vengono processati in diverso modo così da poter essere conservati anche per lunghi periodi di tempo. Nel corso del trasporto e principalmente durante la successiva fase di stoccaggio, tali prodotti possono subire danni anche seri in termini quanti-qualitativi per via degli attacchi entomatici. Le perdite post-raccolta ammontano infatti al 5-10% in tutto il mondo, raggiungendo punte del 30% nelle aree tropicali o nei paesi in via di sviluppo (SAAD & ABDELGALEIL, 2018). Le principali minacce sono spesso rappresentate da fattori biologici quali roditori, uccelli, acari, funghi, microrganismi ed insetti (HUBERT *et al*., 2018). Nel caso specifico, gli insetti nocivi contribuiscono in modo significativo alla perdita globale di cibo, stimata dalla FAO in oltre un miliardo di tonnellate all'anno (NAYAK & DAGLISH, 2018). Per molto tempo le industrie alimentari, al fine di controllare gli animali infestanti, hanno fatto praticamente ricorso solo alla lotta chimica ma, tale tendenza, sta rapidamente cambiando; sono infatti ben noti i rischi intrinseci che caratterizzano i biocidi ed i loro consequenziali effetti per gli utilizzatori finali (BARRATT *et al*., 2018). Inoltre, i problemi legati allo sviluppo di popolazioni resistenti di alcuni parassiti (NAYAK & DAGLISH, 2018) e la riduzione del numero di molecole autorizzate in Europa negli ultimi anni a causa di leggi e regolamenti sempre più stringenti e severe, hanno incentivato la ricerca di strategie di controllo degli infestanti alternative o, quantomeno complementari, alla lotta chimica. Per tale ragione nell'ultimo decennio si è assistito al progressivo diffondersi di approcci di tipo integrato (Integrated Pest Management), nell'ambito del quale il controllo biologico ha via via assunto particolare interesse (REICHMUT, 2000; RUSSO, 2012; RIUDAVETS, 2018; SCHÖLLER *et al.,* 2018).

Le industrie alimentari sono ambienti caratterizzati da condizioni termo-igrometriche spesso costanti, disponibilità pressoché illimitata di *pabulum* ad elevato valore nutrizionale oltre a possedere particolari caratteristiche strutturali che creano microambienti in grado di proteggere gli stessi infestanti dall'azione di molti biocidi (RUSSO, 2012).

Sono molteplici le esperienze di lotta biologica condotte nelle industrie alimentari e documentate nella letteratura di riferimento che hanno visto l'impiego di diversi agenti biotici di controllo quali batteri, funghi, nematodi, acari e insetti (SCHÖLLER & FLINN, 2012). Negli ultimi 10 anni sono stati pubblicati oltre 130 lavori scientifici su applicazioni di controllo biologico contro artropodi dannosi per gli alimenti, il 70% dei quali si basa sull'impiego di predatori e/o parassitoidi (RIUDAVETS, 2018). In questa sede, per ovvia necessità di sintesi, verranno presi in esame solo alcuni degli insetti utilizzati quali agenti di contenimento, illustrando succintamente solo quelle specie di predatori e parassitoidi più promettenti e che meriterebbero un maggiore approfondimento scientifico. Per una più estesa trattazione dell'argomento si rimanda a SCHÖLLER *et al.,* 2018.

– Pubblicato marzo 2020

PREDATORI

Xylocoris flavipes (Reuter) (Hemiptera Anthocoridae)

Tra i predatori, l'antocoride *Xylocoris flavipes* è probabilmente una delle specie più studiate dal punto di vista ecologico, etologico ed economico. Tutti i membri del genere *Xylocoris* si rinvengono naturalmente in vari habitat e comunque dove si accumulano detriti di origine vegetale. Tre specie di *Xylocoris*, ovvero *X. flavipes*, *X. galactinus* (Fieber) e *X. sordidus* (Reuter), sono state intercettate all'interno di strutture contenenti derrate. Queste specie sono frequentemente associate a popolazioni di coleotteri infestanti i prodotti conservati come *Tribolium confusum* Jacqueline du Val, *T. castaneum* (Herbst), *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *S. granarius* (L.), *Lasioderma serricorne* (F.) (SCHÖLLER & PROZELL, 2011) e lepidotteri *Plodia interpunctella* (Hübner), *Sitotroga cerealella* (Oliver) e *Corcyra cephalonica* Stainton (SUMA *et al*., 2013); tutte gli stadi attivi di *X. flavipes* ricercano attivamente le specie ospiti su cui sviluppare e attaccano le uova e gli stadi biologici generalmente di dimensioni minori. Le migliori prestazioni si registrano quando il predatore è rilasciato tempestivamente dopo l'avvio delle fasi di stoccaggio dei substrati (ad es. cereali). L'intervallo di temperatura ottimale per lo sviluppo di questo predatore è di 29–31° C, sebbene sino a oltre 35°C e con un'umidità relativa ottimale del 70%, riesce a completare il proprio ciclo biologico. Per tale ragione, l'uso di questo predatore nelle aree a clima mite, dove le temperature estive possono superare i 30°C, potrebbe di certo rappresentare una buona strategia di intervento nell'ambito di un approccio IPM (RUSSO *et al*., 2004; SCHÖLLER & PROZELL, 2011).

PARASSITOIDI

Anisopteromalus calandrae (Howard) (Hymenoptera Pteromalidae)

Anisopteromalus calandrae è uno dei parassitoidi che con maggior frequenza si rinviene su grano immagazzinato, tant'è che risulta ampiamente distribuito nei diversi areali del globo dove il suddetto cereale viene prodotto e lavorato. È segnalato quale valido antagonista naturale di diverse specie di coleotteri prevalentemente infeudate ai cereali e alle leguminose da granella quali: *S. granarius, S. zeamais, Rhyzopertha dominica* (F.), *Stegobium paniceum* (L.), *L. serricorne*, *Acanthoscelides obtectus* (Say) e *Callosobruchus maculatus* (F.) (REICHMUTH, 2000; REICHMUTH *et al*., 2007). Lo pteromalide è un ectoparassitoide primario, idiobionte, che attacca gli stadi larvali tardivi e le giovani pupe delle vittime quando ancora presenti all'interno dei semi infestati. Alcuni autori hanno evidenziato l'esistenza di due specie "gemelle" strettamente correlate; una a strategia *r* che vive a spese di *Sitophilus* spp., l'altra a strategia *k* che si riproduce a spese di anobiidi. Queste sono state recentemente distinte in *A. calandrae* e *A. quinarius* GOKHMAN & BAUR, 2014, quest'ultima nuova per la scienza (BAUR *et al*., 2014) ed è opportuno sottolineare che le due entità spesso coesistono nei medesimi ambienti. Le larve di *Anisopteromalus* possono svilupparsi a temperature comprese tra 30 e 36°C (NIEDERMAYER *et al*., 2013). Sebbene gran parte degli studi condotti ha riguardato l'efficacia di *A. calandrae* quando rilasciato su grano sfuso, è stato anche dimostrato come esso sia in possesso di una discreta capacità di controllo degli infestanti anche quando il cereale è stoccato all'interno di sacchi, riuscendo a penetrarvi a prescindere dal materiale di cui sono costituiti (es. iuta, polipropilene e nylon) (MAHAL *et al*., 2005).

Theocolax elengans (Westwood) (Hymenoptera Pteromalidae)

Questa specie risulta ampiamente distribuita laddove gli alimenti sono immagazzinati e risultano infestati da *S. granarius, S. oryzae, S. zeamais, R. dominica* (TOEWS *et al*., 2001)*, S. paniceum, Callosobruchus* spp. e dalla vera tignola del grano *S. cerealella* (REICHMUTH *et al*., 2007). È un ectoparassitoide solitario che parassitizza le larve all'interno dei substrati infestati (TOEWES *et al*., 2001). La sua capacità di intercettare l'ospite a lungo raggio si pensa sia mediata dai volatili emessi dai substrati medesimi (es. cereali, GERMINARA *et al*., 2009). Lo pteromalide è in grado di ridurre le popolazioni di *S. zeamais* fino al 50% e quelle di *R. dominica* dal 50 al 99% a seconda della temperatura (FLINN, 1998). Il ciclo biologico di *Theocolax elegans* si completa in circa 22 giorni a 27°C ed è stato dimostrato come la temperatura rivesta un ruolo determinante sulla sua capacità di parassitizzazione; infatti su grano infestato e raffreddato a 25°C, *T. elegans* è stato dieci volte più efficace nel sopprimere le popolazioni di *R. dominica,* rispetto ad un grano infestato e mantenuto a 32°C (FLINN, 1998).

Lariophagus distinguendus (Förster) (Hymenoptera Pteromalidae)

Si tratta di un parassitoide segnalato quale potenziale agente biologico di controllo di un gran numero di coleotteri che infestano i prodotti agricoli immagazzinati: *S. oryzae*, *S. granarius* (STEIDLE & SCHÖLLER, 2002), *R. dominica* (MENON *et al*., 2002), *L. serricorne*, *S. paniceum, A. obtectus* e *Ptinus clavipes* (REICHMUTH, 2000). Si comporta da ectoparassitoide solitario di larve e pupe. Alcune autori hanno mostrato la determinante influenza che la temperatura esercita sui livelli di efficacia del parassitoide (RYOO *et al*., 1991) e i primi studi sulla specie, condotti negli anni '70 riportavano come, in virtù della bassa fecondità

registrata, *Lariophagus. distinguendus* non poteva essere considerato idoneo quale agente di contenimento nell'ambito dei programmi di controllo biologico (Gonen & Kugler, 1970). Successivamente, Steidle (1998), ha dimostrato che i valori di fecondità variavano al variare dei ceppi studiati, delle specie ospiti impiegate e dalle condizioni di allevamento. A supporto di tali conclusioni, il recente studio condotto da König *et al*. (2019) ha permesso di identificare più specie gemelle all'interno di questo *taxon*. Dal punto di vista applicativo, *L. distinguendus* si è dimostrato in grado di parassitizzare i suoi ospiti in presenza di basse temperature (Niedermayer *et al*., 2013) e anche quando gli stessi si trovano all'interno del substrato infestato. Steidle & Schöller (2002) hanno infatti messo in evidenza come le femmine dello pteromalide possono localizzare i loro ospiti sino ad una profondità di 4 metri dalla superficie del grano, seppure il livello di parassitizzazione diminuisce proporzionalmente con l'aumentare della profondità.

Habrobracon hebetor (Say) (Hymenoptera Braconidae)

È un ectoparassitoide idiobionte gregario e cosmopolita che si sviluppa su larve di molti Lepidotteri, principalmente afferenti alla famiglia dei Pyralidae (Schöller *et al.*, 2018). Esso è stato studiato come agente di controllo in diversi continenti (Balevski, 1984; Huang, 1986). Di recente, Ghimire & Phillips (2010) hanno fornito i principali parametri biologici di *Habrobracon hebetor* quando impiegato su ospiti diversi quali *Galleria mellonella* L., *Corcyra cefalonica* (Stainton), *Phthorimaea operculella* (Zeller) e *S. cerealella*. Oggi *H. hebetor* trova ampio impiego nei programmi di controllo biologico ed è stato approfonditamente studiato dal punto di vista biologico e demografico (Akinkurolere *et al*., 2009). Esso risulta particolarmente sensibile alle basse temperature, per cui la pianificazione dei programmi di controllo biologico nelle aree fredde deve tenere in conto tale importante aspetto limitativo (Carrillo *et al*., 2005). Tuttavia, è possibile conservare gli esemplari per circa 20 giorni in frigorifero a temperature di 5±1°C senza comprometterne la sopravvivenza e le capacità riproduttive (Chen *et al*., 2011).

Holepyris sylvanidis (Brèthes) (Hymenoptera Bethylidae)

Un altro interessante gruppo di imenotteri parassitoidi è rappresentato dalla famiglia Bethylidae, che pare possa offrire buone potenzialità applicative nel controllo biologico degli insetti infestanti l,e industrie alimentari (Amante *et al*., 2017c). La specie maggiormente indagata a scopi applicativi è attualmente *Holepyris silvanidis* parassitoide cosmopolita che vive a spese di coleotteri delle famiglie Cucujdae, Curculionidae e Tenebrionidae (Amante *et al*., 2017b). Esso è capace di penetrare attivamente all'interno del substrato e nelle fessure alla ricerca dell'ospite, rappresenta un valido agente di controllo di *T. confusum* e *T. castaneum* (Amante *et al*., 2018). È importante però ricordare che la ridotta fecondità delle femmine, rende la specie poco idonea per l'impiego con il metodo inoculativo, come già noto per altre specie di antagonisti che vivono a spese di parassiti degli alimenti immagazzinati (Eliopoulos *et al*., 2017). *H. sylvanidis* potrebbe manifestare un potenziale migliore quando impiegato con i metodi inondativo o aumentativo, ma la fattibilità economica dipenderà principalmente dall'efficienza dei metodi di allevamento di massa (Amante *et al*., 2017 b).

Cephalonomia waterstoni (Gahan) (Hymenoptera Bethylidae)

È un ectoparassitoide larvale idiobionte di *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *C. pusillus* (Schönherr) e *C. turcicus* (Grouvelle) (Coleoptera: Cucujidae) (Finlayson, 1950) tra i quali la prima specie ne rappresenta l'ospite più suscettibile (Finlayson, 1950). Hagstrum (1987) e Reichmuth *et al*. (2007) hanno documentato la capacità di *Cephalonomia waterstoni* di mantenere le popolazioni di criptoleste al di sotto della soglia economica di dannosità mentre Flinn & Hagstrum (1995) hanno sottolineato la notevole capacità del parassitoide di intercettare la specie ospite, che di solito pullula nei detriti delle masse granarie. Un aspetto molto importante per il suo impiego diviene quindi la piena comprensione dei meccanismi che regolano la sua "*host location"*. In tal senso alcune recenti indagini (Amante *et al*., 2017a) hanno evidenziato il ruolo cairomonico svolto dai volatili presenti nelle polveri prodotte dall'attività trofica di *C. ferrugineus*, che pare esaltino l'efficacia del betilide.

Considerazioni conclusive

L'impiego di insetti entomofagi per il controllo dei più comuni parassiti rinvenibili nelle industrie alimentari sembra ancora piuttosto limitato anche se recentemente sta riscuotendo un cospicuo interesse da parte della comunità scientifica di riferimento. Una spiegazione del fenomeno può essere ricercata nei punti di forza e di debolezza di questo metodo di controllo. Tra i vantaggi, va considerato che:

- il controllo biologico è particolarmente interessante per gli impianti di trasformazione che non sono disposti a interrompere il ciclo di lavorazione, per la realizzazione degli interventi di controllo degli infestanti;
- il suo impiego è sicuro (nessuna tossicità per l'operatore, per il consumatore e per l'ambiente);
- diverse specie entomofaghe sono altamente efficaci;

– queste ultime sono spesso specifiche e possono attivamente ricercare l'ospite (anche quando presente a bassa densità di popolazione);
– i rischi dell'insorgenza di fenomeni di resistenza sono pressoché nulli.

Di contro, bisogna però tenere presente che:
– i nemici naturali possono potenzialmente contaminare i prodotti immagazzinati;
– come accennato in precedenza, la maggior parte di essi è specifica nei confronti della loro vittima, il che significa che è anche importante sapere esattamente quali specie dannose stanno causando il problema al fine di selezionare gli antagonisti più efficienti;
– le tempistiche del loro rilascio sono un punto cruciale e devono essere accuratamente programmate, così da sincronizzare il loro sviluppo con la crescita della popolazione dei parassiti;
– non possono essere usati con successo se la densità di popolazione degli infestanti ha raggiunto elevati livelli di dannosità (diversamente dai fumiganti);
– solo poche specie di parassitoidi e predatori sono attualmente disponibili in commercio.

Sulla base di tali considerazioni, l'ottimizzazione dei metodi di controllo biologico è essenziale per la loro attuazione pratica. In questa direzione, ad esempio, alcuni studi hanno dimostrato che, fornendo alle femmine adulte di alcune specie, una dieta a base di integratori alimentari adeguati (es. miele), è possibile ottenere un aumento significativo della produzione di uova, del numero di prole e della longevità, specialmente in quelle specie che non praticano l'*host feeding* cioè che non si nutrono dell'emolinfa dei loro ospiti. Va infine ribadito che, il controllo biologico non può in tutti i casi rappresentare "di per sé" un'unica strategia di controllo degli infestanti; tale metodo andrebbe infatti considerato come uno strumento da includere nei programmi di controllo integrato. In questo contesto, numerosi sono i recenti studi condotti sul tema e orientati a valutare l'efficacia del controllo integrato quando abbinato ad altre strategie di controllo. Si vedano ad esempio i lavori di Murata *et al*. (2007) e di Rabinder & Singh (2011) nei quali viene valutata l'attività di alcuni dei principali antagonisti, in combinazione tra loro e/o con tecniche di controllo chimico, fisico e/o chimico/fisico. Considerando che l'interesse per la gestione integrata degli infestanti di alimenti immagazzinati assume interesse sempre crescente, il controllo biologico ben si candida quale componente importante di dette strategie. Sebbene la disponibilità in commercio di antagonisti naturali risulti ancora limitata, così come l'esperienza per la sua applicazione pratica, le ricerche mirate all'ottimizzazione di una loro produzione massale e ulteriori studi condotti sul "campo" rappresentano di certo compiti futuri da soddisfare in questo settore di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

Akinkurolere R.O., Boyer S., Chen H., Zhang H., 2009 - *Parasitism and host-location preference in* Habrobracon hebetor *(Hymenoptera: Braconidae): role of refuge, choice, and host instar*. - J. Econ. Entomol., 102(2): 610-615.

Amante M., Russo A., Schöller M., Steidle J.L.M., 2017a - *Olfactory host location in the rusty grain beetle parasitoid* Cephalonomia waterstoni *(Gahan) (Hymenoptera: Bethylidae)*. - J. Stored Prod. Res., 71: 1-4.

Amante M., Russo A., Schöller M., Steidle J.L.M., 2018 - *Olfactory host location and host preference of* Holepyris sylvanidis (Brethes) *(Hymenoptera: Bethylidae), a parasitoid of* Tribolium confusum *Jacquelin du Val and* T. castaneum*.* - J. Stored Prod. Res., 78: 105-109.

Amante M., Schöller M., Hardy I.C.W., Russo A., 2017b - *Reproductive biology of* Holepyris sylvanidis *(Hymenoptera: Bethylidae)*. - Biol. Control, 106: 1-8.

Amante M., Schöller M., Suma P., Russo A., 2017c - *Bethylids attacking stored-product pests: an overview*. - Ent. Exp. et App., 163: 251-264.

Balevsky N., 1984 - *Use of the parasite* Habrobracon hebetor *Say for biological control*. - Zash. Rast., 32:19-28.

Barratt B.I.P., Moran V.C., Bigler F., van Lenteren J.C., 2018 - *The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future*. - BioControl, 63 (1): 155-167.

Baur H., Kranz-Baltensperger Y., Cruaud A., Rasplus J.Y., Timokhov A.V., Gokhman V.E., 2014 - *Morphometric analysis and taxonomic revision of* Anisopteromalus *Ruschka (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae) - an integrative approach*. - Syst. Entomol., 39: 691-709.

Carrillo M.A., Heimpel G.E., Moon R.D., Cannon C.A., Hutchinson W.D., 2005 - *Cold hardiness of* Habrobracon hebetor *(Say) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of pyralid moths*. - J. Insect Physiol., 51: 759-768.

Chen H., Opit G.P., Sheng P., Zhang H., 2011 - *Maternal progeny quality of* Habrobracon hebetor *(Say) (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage*. - Biol. Control, 58: 255-261.

Eliopoulos P.A., Kapranas A., Givropoulou E.G., Hardy I.C.W., 2017 - *Reproductive efficiency of the bethylid wasp* Cephalonomia tarsalis*: the influences of spatial structure and host density*. - Bull. Entomol. Res., 107(2): 139-147.

Finlayson L.H., 1950 - *Host preference of* Cephalonomia waterstoni *Gahan, a bethylid parasitoid of* Laemophloeus *species.* - Behaviour, 2: 275-316.

Flinn P.W., Hagstrum D.W., 1995 - *Simulation model of* Cephalonomia waterstoni *(Hymenoptera: Bethylidae) parasitizing the rusty grain beetle (Coleoptera: Cucujidae)*. - Environ. Entomol., 24: 1608-1615.

Germinara G.S., De Cristofaro A., Rotundo G., 2009 - *Antennal olfactory responses to individual cereal volatile in* Theocolax elegans *(Westwood) (Hymenoptera: Pteromalidae)*. - J. Stored Prod. Res., 45: 195-200.

Ghimire M.N., Phillips T.W., 2010 - *Suitability of different Lepidopteran host species for development of* Bracon hebetor *(Hymenoptera: Braconidae)*. - Environ. Entomol., 39(2): 449-458.

Gonen M., Kugler J., 1970 - *Notes on the biology of* Lariophagus distinguendus *(Foerster) (Hym. Pteromalidae) as a parasite of* Sitophilus oryzae *(L.) (Col. Curculionidae)*. - Isr. J. Zool., 5: 133-140.

Hagstrum D.W., 1987 - *Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations*. - Environ. Entomol., 16: 77-83.

Huang X.F., 1986 - *Use of* Habrobracon hebetor *Say in granary pest control*. - Chin. J. Biol. Control, 2: 78-80.

Hubert J., Stejskal V., Athanassiou C.G., Throne J.E., 2018 - *Health hazards associated with arthropod infestation of stored products*. - Ann. Rev. Ent., 63: 553-573.

König C., Paschke S., Pollmann M., Reinisch R., Gantert C., Weber J., Krogmann L., Steidle J.L.M., Gokhman V.E., 2019 - *Molecular and cytogenetic differentiation within the* Lariophagus distinguendus *(Förster, 1841) species complex (Hymenoptera, Pteromalidae)*. - Comp. Cytogenet., 13(2): 133-145

Mahal N., Islam W., Parween S., Mondal K.A.M.S.H., 2005 - *Effect of* Anisopteromalus calandrae *(Hymenoptera: Pteromalidae) in controlling residual populations of* Rhyzopertha dominica *(Coleoptera: Bostrichidae) in wheat stores*. - Int. J. Trop. Insect Sci., 25(4): 245-250.

Menon A., Flinn P.W., Barry A., Dover B.A., 2002 - *Influence of temperature on the functional response of* Anisopteromalus calandrae *(Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of* Rhyzopertha dominica *(Coleoptera: Bostrichidae)*. - J. Stored Prod. Res., 38: 463-469.

Murata M., Imamura T., Miyanoshita A., 2007 - *Suppression of the stored-product insect* Tribolium confusum by Xylocoris flavipes *and* Amphibolus venator. - J. Appl. Entomol., 13(8): 559-563.

Nayak M.K., Daglish G.J., 2018 - *Importance of stored product insects*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, C.G. Athanassiou, F.H. Arthur Ed., Springer, Berlin, Germany, 1-17.

Niedermayer S., Obermaier E., Steidle J.L.M., 2013 - *Some like it hot, some not: influence of extreme temperatures on* Lariophagus distinguendus *and* Anisopteromalus calandrae. - J. Appl. Entomol., 137: 146-152

Reichmuth C., Schöller M., Ulrichs C., 2007 - *Stored product pests in grain. Morphology - biology - damage - control*. - AgroConcept Verlagsgesellschaft, Bonn, 170 pp.

Reichmuth C., 2000 - *Biological control in stored product protection*. - IOBC/WPRS Bull., 23(10): 11-23.

Riudavets J., 2018 - *Biological control of stored products pests*. – IOBC/WPRS Bull., 130: 107-109.

Russo A., 2012 - *Limiti e prospettive delle applicazioni di lotta biologica in post-raccolta*. - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 59: 91 – 99.

Russo A., Cocuzza G.E., Vasta M.C., 2004 - *Life tables of* Xylocoris flavipes *(Hemiptera: Anthocoridae) feeding on* Tribolium castaneum *(Coleoptera: Tenebrionidae)*. - J. Stored Prod. Res., 40: 103-112.

Ryoo M.I., Hong Y.S., Yoo C.K., 1991 - *Relationship between temperature and development of* Lariophagus distinguendus *(Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitoid of* Sitophilus oryzae *(Coleoptera: Curculionidae)*. - J. Econ. Entomol., 84: 825-829.

Saad M.M.G., Abdelgaleil S.A.M., 2018 - *Effectiveness of monoterpenes and phenylpropenes on* Sitophilus oryzae *L. (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat*. - J. Asia-Pac. Ent., 21: 1153-1158.

Schöller M., Prozell S., 2011 - *Potential of* Xylocoris flavipes *(Hemiptera: Anthocoridae) to control* Tribolium confusum *(Coleoptera:Tenebrionidae) in Central Europe*. - IOBC/WPRS Bull., 69: 163-168.

Schöller M., Prozell S., Suma P., Russo A., 2018 - *Biological Control of Stored-Product Insects*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, C.G. Athanassiou, F.H. Arthur Ed., Springer, Berlin, Germany, 183-209.

Schöller M., Flinn P.W., 2012 - *Biological control: insect pathogens, parasitoids, and predators.* In: Stored Product Protection., D.W. Hagstrum, T.W. Phillips, G. Cuperus Ed., Kansas State University, Kansas, USA, 203-212.

Steidle J.L.M., 1998 - *The biology of* Lariophagus distinguendus, *a natural enemy of stored products pests and potential candidate for biological control*. - IOBC/WPRS Bull., 21: 103-109.

Steidle J.L.M., Schöller M., 2002 - *Fecundity and ability of the parasitoid* Lariophagus distinguendus *(Hymenoptera: Pteromalidae) to find larvae of the granary weevil* Sitophilus granarius *(Coleoptera: Curculionidae)*. - J. Stored Prod. Res., 38: 43-53.

Suma P., Amante M., Bella S., La Pergola A., Russo A., 2013 - *Stored-product insects natural enemies in wheat industry in Sicily*. - IOBC-WPRS Bull., 98: 227-233.

Toews M.D., Phillips T.W., Cuperus G.W., 2001 - *Effects of wheat cultivar and temperature on suppression of* Rhyzopertha dominica *(Coleoptera: Bostrichidae) by the parasitoid* Theocolax elegans *(Hymenoptera: Pteromalidae)*. - Biol. Control, 21: 120-127

230 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVII, 2019: 231-237

ACARI DELLE DERRATE: INVASIVITÀ E PROBLEMATICHE ALLERGENICHE E DI CONTROLLO

SAURO SIMONI [a] - ENRICO DE LILLO [b]

[a] *Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca per la Difesa e la Certificazione (CREA-DC). Via Lanciola 12/a, 50125, Firenze, Italia;* e-mail: sauro.simoni@crea.gov.it
[b] *Università degli Studi di Bari Aldo Moro - Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (Di.S.S.P.A.). Via G. Amendola, 165/a, 70126, Bari, Italia;* e-mail: enrico.delillo@uniba.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuove tecnologie per la difesa delle derrate alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 15 novembre 2019.

Storage mites: invasivity, allergenic and control problems

Presence and infestations of astigmatid mite pests in post harvest steps, stored food and products can cause enormous economic losses through direct damage and contamination of food products. Mites are broadly distributed in a wide range of habitats. Several species are major pests of flour, grain, seeds, nuts, cheeses and stored meats. Furthermore, mites can vector fungi and bacteria and produce allergens that can affect operators and consumers.

Under increased worldwide trading, the industries are committed to maintain the "zero tolerance" policy for live insects and mites and other biological contaminations. The management of Astigmata pests - mainly Glycyphagidae and Acaridae - in stored food and products, by reducing and avoiding chemical applications and pest resistance, is largely and urgently expected.

Several factors can determine biological traits and risk potential of these mites. The importance of some crucial items concerning temperature, relative humidity and allergenic importance are approached.

KEY WORDS: Astigmata, sustainable control, temperature-humidity tolerance, allergy.

Insetti, acari e roditori sono tra le maggiori cause di alterazione e perdita dei prodotti agricoli lungo il percorso produttore - consumatore (ATHANASSIOU *et al.*, 2018) e l'impatto degli acari è stato rilevato in costante incremento (HOY, 2011). La quota complessiva di perdita di prodotti alimentari nella filiera raccolta - conservazione/trasformazione - mercato/rilascio è indubbiamente cospicua (REZAEI e LIU, 2017) (Fig. 1), ma la precisa attribuzione alle singole cause di perdita è spesso complessa e altamente correlata al tipo di prodotto e alle aree geografiche di produzione e destinazione. L'azione degli artropodi è sicuramente di rilievo ma è difficilmente enucleabile in tale contesto. Tuttavia, si stima come le perdite dovute agli insetti sulle derrate in magazzino possano raggiungere il 9% del quantitativo nei paesi sviluppati e almeno il 20% nei paesi in via di sviluppo (PHILIPS e THRONE, 2010). Nonostante ciò, le risorse destinate a favorire l'innovazione e il consolidamento delle strategie di difesa dei prodotti da agenti biotici di varia natura e del loro mantenimento in sicurezza attraverso la ricerca di base e applicata sono nettamente inferiori a quelle destinate all'incremento quantitativo della produzione (KADER, 2005; MINOR *et al.*, 2019) (Fig. 2).

Numerosi studi si sono occupati di approfondire e comprendere gli aspetti bio-etologici che favoriscono il successo degli acari delle derrate, il loro impatto e le relative strategie di gestione, prendendo in considerazione anche l'altrettanto importante aspetto allergologico (O'FARRELL e BUTLER, 1948; CUSACK *et al.*, 1975; ZDARKOVA, 1998; THIND e CLARKE, 2001; KUCEROVA e HORAK, 2004; HUBERT *et al.*, 2006, STEJSKAL *et al.*, 2015). Il confronto tra i risultati di molti di questi studi appare spesso problematico in seguito alle diverse condizioni e ai modelli sperimentali adottati, seppure appaiono in grado di fornire alcuni elementi di carattere generale. Gli acari sono tra le principali avversità delle materie prime immagazzinate e manifestano una spiccata aggressività verso queste quando le condizioni di conservazione dei prodotti richiedono o comportano elevati contenuti di umidità ambientale (HUGHES, 1976; VAN HAGE-HAMSTEN e JOHANSSON, 1992; COLLOFF, 2009). Numerose specie delle famiglie Acarididdae, Glycyphagidae, Chortoglyphidae, Carpoglyphidae, Histiostomidae, Pyroglyphidae, tutte appartenenti agli Astigmata, possono infestare i prodotti agricoli in magazzino e in ambienti di lavorazione o commerciali (per es. cereali, frutta secca, formaggi, spezie, insaccati, cibo per animali domestici, ecc.). Anche acari Prostigmata e Mesostigmata possono trovarsi associati a questi prodotti ma manifestano un diverso regime trofico

– Pubblicato marzo 2020

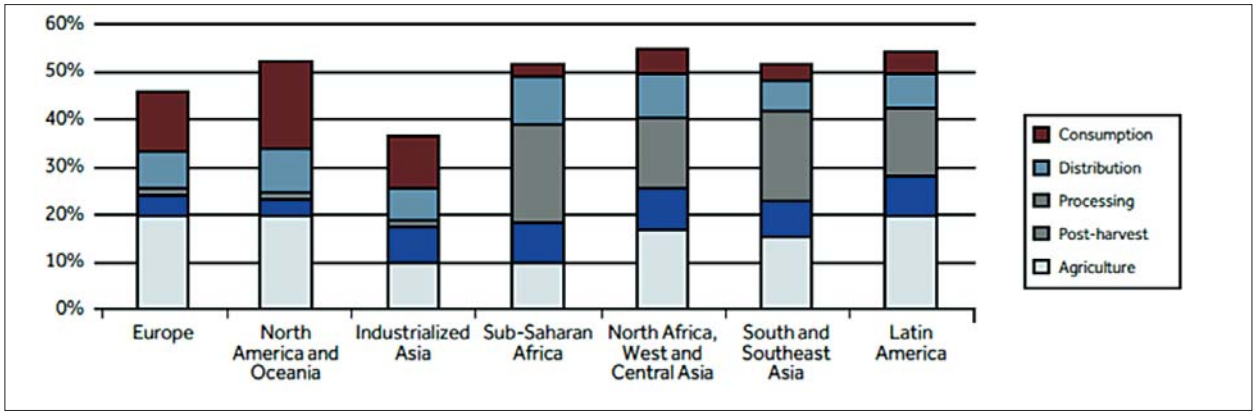


Fig. 1 – Quota percentuale in peso persa o sprecata nella filiera 'campo-consumatore' per frutta e vegetali in regioni differenti del mondo. Con il termine '*agriculture*' si indicano le perdite che si verificano durante il raccolto e la susseguente selezione; con '*post-harvest*' si inquadrano le perdite che si verificano durante le operazioni di gestione, trasporto e immagazzinamento immediatamente dopo il raccolto e prima del trattamento/lavorazione dei prodotti (modificato da Rezaei e Liu, 2017).

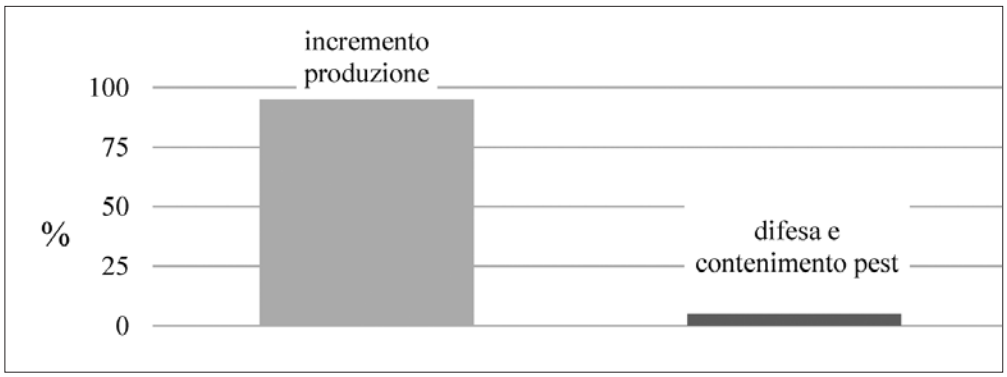


Fig. 2 – Quota percentuale e rispettivo ambito di destinazione del budget investito in ricerca nell'ultimo trentennio (sintesi da Kader 2005; Aulakh *et al.,* 2013).

essendo predatori, micofagi o detrivori. I prodotti conservati rappresentano il pabulum di ecosistemi semplificati, particolarmente sensibili ed esposti a colonizzazioni di organismi di varia natura, che entrano in reti trofiche caratterizzate dalla presenza di entità rese cosmopolite dal diffuso commercio dei prodotti a cui sono associati. La densità degli acari può aumentare rapidamente in condizioni favorevoli di temperatura e umidità del materiale conservato e/o dell'ambiente di conservazione con effetti altamente negativi sulla qualità del materiale immagazzinato sia per azione diretta, attraverso la loro azione trofica (Parkinson, 1990), che indiretta, attraverso la diffusione di batteri e funghi (Hubert *et al.,* 2004) e/o provocando anche reazioni allergiche negli operatori e consumatori (Fernàndez-Caldas *et al.*, 2008) per l'azione dei classici acari delle polveri (Astigmata: Pyroglyphidae: *Dermatophagoides pteronyssinus*, *D. farinae*, *Euroglyphus maynei*). A riguardo, il rinvenimento di popolazioni miste tra acari delle derrate e acari delle polveri risulta sempre più frequentemente documentato (Jõgi *et al.,* 2020).

L'acquisizione di conoscenze sulle specie di acari delle derrate, sulla loro distribuzione, dinamica e prevalenza in aree e contesti specifici è da ritenersi imprescindibile anche se, a volte¸ appare complessa o trascurata nella progettazione di programmi di gestione efficaci, data la complessità e la natura dei fattori che intervengono nella strutturazione dell'infestazione delle derrate.

Nel presente contributo si vuole porre l'attenzione su alcuni fattori abiotici che possono avere un ruolo sempre più critico nella gestione degli acari delle derrate (Collins, 2012), nonché gli effetti negativi della presenza di acari sugli alimenti da un punto di vista allergologico. Bisogna rimarcare come si possa sempre più diffondere e consolidare la presenza cosmopolita di specie di acari che rivestono un ruolo altamente considerevole per la salubrità dei prodotti e per la salute delle persone, alla luce del netto incremento del commercio mondiale, delle nuove e intense dinamiche geografico-ambientali che coinvolgono la popolazione umana e del rispetto delle loro esigenze culturali anche al di fuori delle aree di origine dei consumatori.

Temperatura

Gli acari sono organismi tipicamente pecilotermi e il loro ciclo vitale è dipendente dalla temperatura e dalle sue fluttuazioni. È ampiamente noto come

gli acari delle derrate siano altamente resistenti alle condizioni di bassa temperatura usuali in depositi o nella logistica di conservazione dei prodotti (Stejskal *et al.*, 2019). Sulla base di dati disponibili in letteratura, Stejskal *et al.* (2019) hanno recentemente analizzato le soglie termiche inferiore di sviluppo individuale (*i.e.* temperatura alla quale si arresta lo sviluppo dell'individuo - LDT) e della popolazione (*i.e.* temperatura alla quale gli artropodi si moltiplicano garantendo un minimo incremento numerico della popolazione - LPT) in 15 specie di acari tra le più comunemente presenti su prodotti immagazzinati (Fig. 3). I valori medi della soglia termica inferiore è risultata di 6,8±1,1°C per lo sviluppo individuale e di 11,4±1,2°C per lo sviluppo della popolazione. Appare comunque evidente l'incompletezza e l'eterogeneità dei dati in letteratura. Il confronto tra gli ordini di artropodi, le cui specie sono frequenti in ambienti di conservazione - trasformazione, ha mostrato profonde differenze. Infatti, i valori medi della soglia termica inferiore di sviluppo individuale sono i più bassi per gli Acari, leggermente più elevati per i Ditteri, mentre Psocoptera, Coleoptera e Blattodea mostrano soglie sensibilmente più alte (Fig. 4). Questi dati indicano come anche decrementi controllati della temperatura nella filiera campo - consumo non limitano le popolazioni degli acari al contrario di quanto avviene per gli altri taxa. Inoltre, gli acari sono in grado di manifestare il raddoppiamento delle densità delle loro popolazioni in tempi estremamente limitati anche a basse temperature e ciò è decisamente più evidente in acari delle derrate rispetto a quelli delle polveri a pari condizioni di temperatura e umidità (Tab. 1) (Colloff, 2009).

L'approfondimento della conoscenza dei meccanismi biochimici e genomici che presiedono alla risposta biologica di queste specie a condizioni estreme di temperatura potrebbe consentire l'applicazione di un approccio biotecnologico innovativo nella gestione di questi organismi (Tianrong *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019).

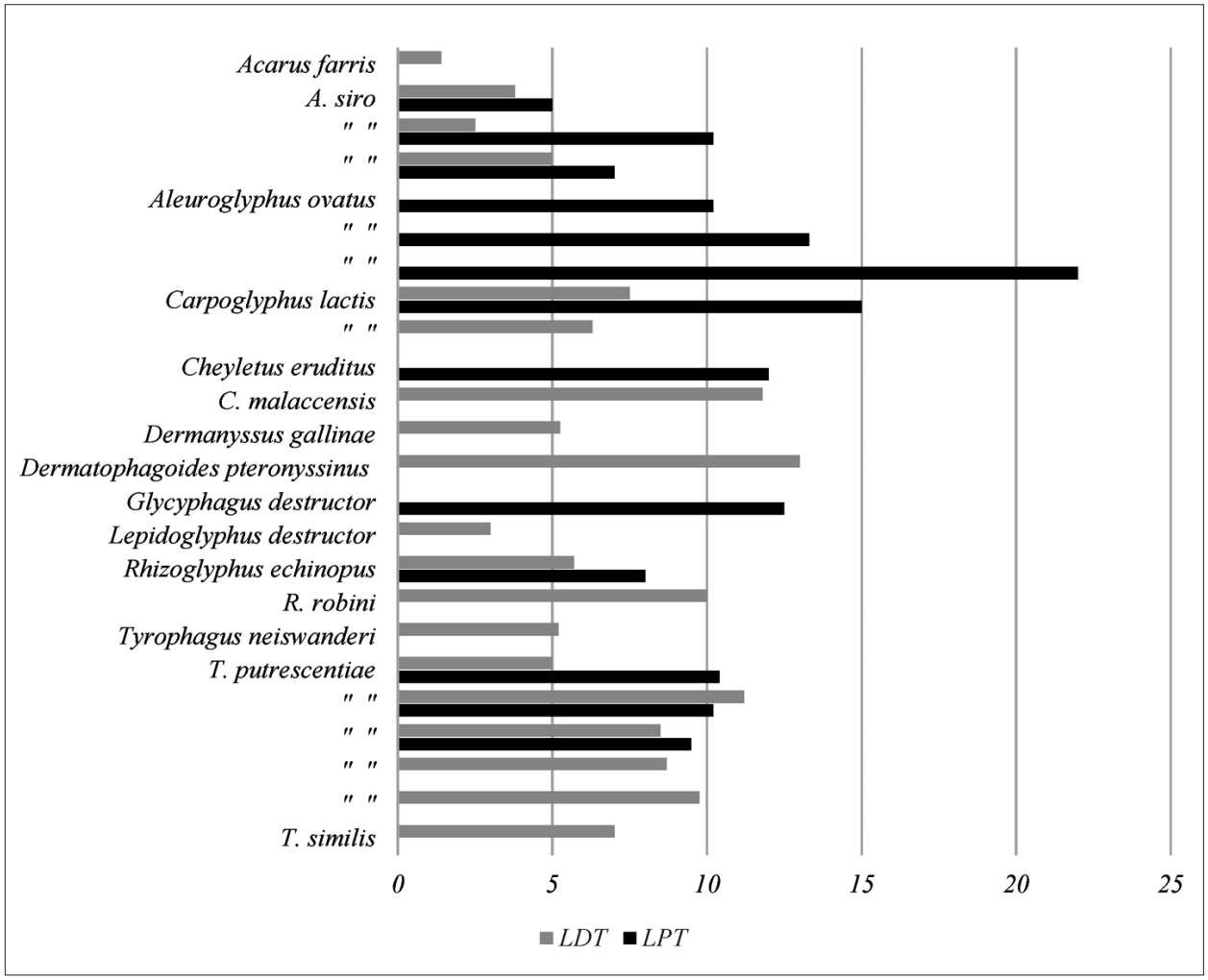


Fig. 3 – Valori medi per la soglia termica inferiore di sviluppo individuale (LDT) e per la soglia termica inferiore di sviluppo della popolazione (LPT) di 15 specie di acari (tratto da Stejskal *et al.*, 2019).

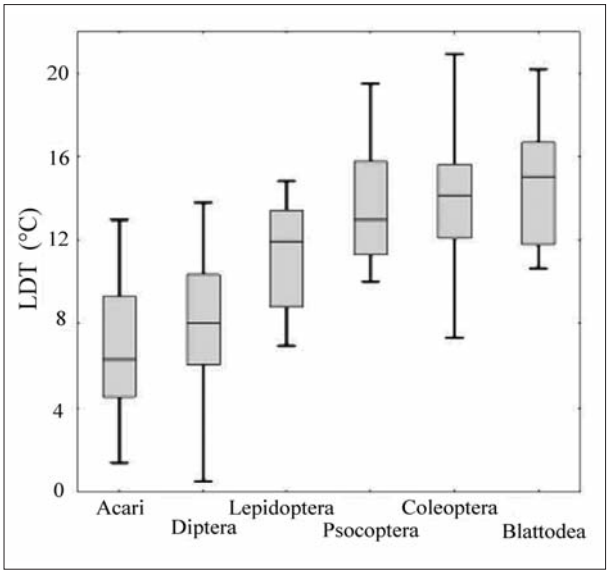


Fig. 4 – Boxplot che riporta le soglie termiche medie di sviluppo individuale (LDT) per sei ordini cui appartengono numerose specie di organismi infestanti le derrate alimentari e in conservazione a vari livelli: acari, ditteri, lepidotteri, psocotteri, coleotteri, blattoidei.

Tabella 1 – Caratteristiche biologiche di acari Glycyphagidae e Acaridae, tipici infestanti delle derrate, e Pyroglyphidae, acari delle polveri: tasso finito di incremento e tempo di raddoppio della popolazione (modificato da COLLOFF, 2009).

Taxon	T°C	UR%	specie	Tasso finito di incremento (giorno^{-1})	Tempo di raddoppio della popolazione (gg)
Glycyphagidae	25	85	*Glycyphagus domesticus*	1,12	8,1
	25	85	*Lepidoglyphus destructor*	1,13	7,5
Acaridae	28	85	*Acarus siro*	1,2	5,1
	30	90	*Tyrophagus putrescentiae*	1,9	1,1
Pyroglyphidae	25	75	*Euroglyphus maynei*	1,03	39,2
	26,5	75	*Dermatophagoides farinae*	1,05	21,6
	25	75	*D. pteronyssinus*	1,04	24,3

UMIDITÀ

Gli Astigmata non possiedono stigmi e trachee, hanno cuticola debolmente sclerificata e la loro respirazione - traspirazione avviene per via tegumentale (COLLOFF, 2009). WHARTON e ARLIAN (1972) hanno evidenziato l'importanza dell'osmoregolazione negli acari, in particolare molto critica per gli Astigmata, che ricorrono a strategie e strutture morfo-funzionali che regolano il rapporto della concentrazione dell'acqua rispetto all'ambiente circostante, dovendo gestire frequentemente equilibri contro gradiente. La necessità di mantenere un determinato contenuto idrico per gli Astigmata e, quindi, per gli acari delle derrate può rappresentare una criticità dal punto di vista biologico ma anche un'espressione evoluta delle strutture morfologiche preposte alla gestione dell'osmoregolazione e delle strategie vitali di tali organismi. Un esempio rilevante di adattamento morfo-funzionale è costituito dalle ghiandole sopracoxali, organi principali di escrezione e osmoregolazione in molti artropodi, le quali funzionano anche come mezzo di estrazione di acqua dall'aria insatura in molti Astigmata (WHARTON e FURUMIZO, 1977).

Gli acari delle derrate hanno, in genere, dimensione del corpo maggiore e delle uova simile a quelle degli acari delle polveri. Pertanto, la necessità di ridurre la perdita di acqua all'ovideposizione può incidere sulla fecondità che è più contenuta negli acari delle polveri (COLLOFF, 2009). Per proteggersi da contesti sfavorevoli, gli Astigmata sembrano poter sfruttare anche fenomeni di aggregazione interspecifica che coinvolgono tutti gli stadi di sviluppo e che potrebbero essere regolati da feromoni di aggregazione in comune (CARR e ROE, 2016). Gli acari delle derrate, inoltre, mostrano una più spiccata e tempestiva tendenza a percepire e dirigersi verso siti con più alta umidità rispetto ad altri Astigmata. Recenti esperienze hanno evidenziato come *Glycyphagus domesticus* sia nettamente più pronto nel recepire e più costante nel permanere in microecosistemi a più elevata umidità relativa rispetto ad alcuni acari delle polveri (Fig. 5) (SIMONI *et al.*, osservazioni personali). La necessità di disporre di alti livelli di umidità ambientale soddisfa chiaramente anche le esigenze termo-igrometriche dei funghi con i quali gli acari hanno intime associazioni simbiotiche di diverso genere, inclusa la loro dispersione passiva naturale.

Tutti questi adattamenti e altri non citati dipendono da numerosi fattori intrinseci, da feedback ambientali e significativamente dall'attività critica all'equilibrio (*Critical Equilibrium Activity*) la quale è specie-dipendente e rappresenta il valore minimo di umidità ambientale al di sotto del quale gli acari non sono in grado di estrarre acqua dall'aria rendendo negativo il loro bilancio idrico, portandoli a disidratazione e morte (WHARTON e ARLIAN, 1972). Quali siano i fattori morfologici, funzionali, biochimici che più incidano su queste caratteristiche, fino a che punto tale grado di flessibilità sia estendibile, come le femmine possano modificare tali parametri sono aspetti ancora da indagare esaustivamente.

ALLERGIA

Più di 250 specie di acari compromettono la salute dell'uomo e degli animali domestici causando irritazioni temporanee della pelle in seguito alla loro azione trofica, dermatiti persistenti per infestazione della pelle o dei follicoli piliferi, allergie, trasmissione di patogeni e

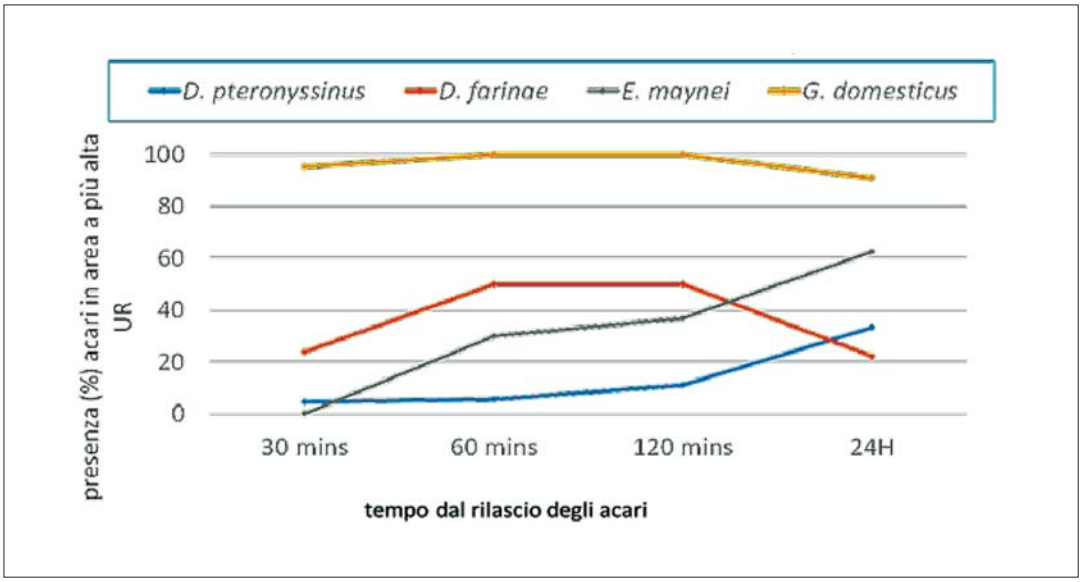


Fig. 5 – Percentuale di preferenza di individui delle specie *Glycyphagus Domesticus* (acaro delle derrate), *Dermatophagoides. pteronyssinus*, *D. farinae*, *Euroglyphus maynei* (acari delle polveri) in area con alta UR (>75%) rispetto alla bassa (<25%) in un esperimento di esposizione della durata di 24 ore.

parassiti, invasione delle vie respiratorie, canali auricolari e occasionalmente organi interni, panico (acarofobia), acariosi illusoria (condizione psicologica in cui si è convinti di essere attaccati dagli acari) (Mullen e Connor, 2019).

La numerosità dei casi di malattie allergiche è aumentata vistosamente negli ultimi decenni tanto da divenire un consistente e costante problema di salute pubblica (Lack, 2008; Stejskal *et al.,* 2018). Per quanto alcune statistiche siano complesse da definire, si stima che il 10-20% della popolazione mondiale sia affetto da asma, rinite allergica o dermatite da contatto, che il 6-8% dei bambini di età inferiore ai 3 anni e il 2-3% della popolazione generale abbia qualche tipo di allergia alimentare (Cui, 2013).

Gli acari delle polveri domestiche e dei prodotti di stoccaggio sono un'importante fonte di allergeni che possono indurre reazioni allergiche IgE-mediate con espressioni variabili da lievi a molto gravi. Le diverse cause di allergie lungo la filiera campo - tavola si possono facilmente sovrapporre con manifestazioni di reazioni allergiche crociate sempre più frequentemente riconosciute e distinte (Morales *et al.,* 2015), al contrario di quanto avveniva in passato (Saridomichelakis *et al.*, 2008). Tuttavia la diagnosi e l'identificazione delle allergie causate da acari sono complicate dalla commistione delle specie e dei substrati colonizzati. Infatti, fenomeni di allergia crociata possono essere determinate anche da acari delle derrate la cui densità è frequentemente sottostimata rispetto ad altri Astigmata (Reboux *et al.*, 2019). Tra l'altro, le allergie alimentari sono spesso definite dopo aver proceduto alla verifica che gli acari non sono gli agenti responsabili, in quanto i test di laboratorio non supportano il medico e la diagnosi di queste allergie è basata sulla eliminazione/reintroduzione di alimenti sospetti nella dieta (Fiocchi e Dahdah, 2013). Infine, l'anafilassi orale (o aerea) dovuta agli acari, detta anche 'Pancake Syndrome', è caratterizzata da gravi e improvvise manifestazioni allergiche che si verificano in pazienti atopici dopo l'assunzione di alimenti a base di farina di frumento contaminata da acari - delle polveri e delle derrate - i cui allergeni sono termoresistenti alla cottura (Sánchez-Borges *et al.*, 2009).

Conclusioni

Il quadro che si ottiene da questa breve sintesi evidenzia chiaramente una carenza, frammentarietà ed eterogeneità delle conoscenze sulla moltitudine di produzioni e trasformazioni agricole correntemente disponibili (Stejskal *et al.*, 2015). Questo aspetto diventa ancor più grave per un paese come l'Italia, caratterizzato da prodotti alimentari unici e irripetibili per tradizione, delicatezza dei processi produttivi e qualità organolettica-nutrizionale. I numerosi prodotti caseari, di trasformazione delle carni e da forno sono esposti a infestazioni in vari passaggi della filiera fino alla tavola del consumatore finale. La moltitudine degli ambienti di lavorazione e conservazione rende, ancora, alquanto complessa l'applicazione delle strategie di gestione e controllo. La gestione degli ambienti prevede sempre più il ricorso a un'attenta calibrazione dei fattori ambientali (temperatura e umidità) i quali, seppur impegnativi da gestire dal

punto di vista economico, sono sempre quelli più auspicati da applicare poiché limitano l'impiego di sostanze attive nella difesa delle derrate. Tuttavia, a questo riguardo, appare evidente come la gestione della temperatura possa risultare insoddisfacente nel contenimento degli acari se non associata a interventi di altra natura.

Sarebbe quanto mai auspicabile favorire indagini sugli acari delle derrate e delle polveri lungo il percorso produzione - tavola in un contesto multidisciplinare dove si integrano competenze specifiche del settore acarologico con quelle dei tecnologi alimentari e microbiologi, andando contro la tendenza di un disimpegno economico verso tale investimento (Adler, 2013). Il luogo culturale-scientifico più appropriato sembra essere quello di European Food Safety Authority (EFSA) in cui strutturare sistematici e coordinati programmi di valutazione scientifica del rischio concernente gli organismi nocivi allo stoccaggio. È altamente auspicabile che indagini specifiche possano estendersi ampiamente proprio in Italia, riconosciuta da tutti come patria dell'eccellenza e della più ampia diversità alimentare.

RIASSUNTO

La presenza di acari Astigmata lungo il percorso produttore – consumatore può causare perdite economiche rilevanti e la contaminazione dei prodotti alimentari. Gli acari sono largamente diffusi e numerose specie sono dannose su granaglie e loro derivati, semi, frutta secca e disidratata, formaggi e insaccati. Inoltre, gli acari delle derrate sono vettori di funghi e batteri, come possono produrre allergeni responsabili di manifestazioni allergiche negli operatori del settore così come nei consumatori. Considerando la globalizzazione del commercio dei prodotti alimentari, i produttori devono garantire la salubrità di questi evitando qualsiasi forma di contaminazione biologica, acari inclusi. La gestione degli Astigmata, principalmente Glycyphagidae e Acaridae, senza il ricorso alla chimica, è largamente e urgentemente attesa.

Numerosi fattori possono influenzare le caratteristiche biologiche e l'impatto di questi acari sulle derrate. Temperatura, umidità dell'ambiente e la rilevanza allergenica sono stati esaminati nel presente contributo.

Parole Chiave: Astigmata, controllo sostenibile, tolleranza temperatura-umidità, allergia.

BIBLIOGRAFIA

Athanassiou C.G., Rumbos C.I., 2018 - *Emerging Pests in Durable Stored Products*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, Athanassiou C. & Arthur F. Ed., Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 211-227.

Aulakh J., Regmi A., Fulton J., Alexander C., 2013 - *Estimating Post-Harvest Food Losses: Developing a Consistent Global Estimation Framework*. - Annual Meeting, August 4-6, 2013, Washington, D.C., https://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:aaea13:150363

Carr A.L., Roe M., 2016 - *Acarine attractants: chemoreception, bioassay, chemistry and control*. - Pestic. Biochem. Physiol., 131: 60-79.

Collins D.A., 2012 - *A review on the factors affecting mite growth in stored grain commodities*. - Exp. Appl. Acarol., 56: 191-208.

Colloff M.J., 2009 - *Dust Mites*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia & Springer, Dordrecht, The Netherlands, xvi+583 pp.

Cui Y., 2013 - *Structural biology of mite allergens*. – Mol. Biol. Rep., 40: 681-686.

Cusack P.D., Evans G.O., Brennan P.A., 1975 - *A survey of the mites of stored grain and grain products in the Republic of Ireland*. – Sci. Proc. R. Dublin Soc. Ser. B, 3: 273-329.

Fernández-Caldas E., Puerta L., Caraballo L., Lockey R.F., 2008 - *Mite allergens* - Cl. Aller. Im., 21: 161-182.

Fiocchi A., Dahdah L., 2013 - *L'allergia alimentare: panoramica su una patologia sempre più diffusa e multiforme*. - Rivista di Immunologia e Allergologia Pediatrica, 02/2013: 15-20.

Hoy M.A., 2011 - *Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management*. CRC Press, Boca Raton, FL, 430 pp.

Hubert J., Munzbergova Z., Kucerova Z., Stejskal V., 2006 - *Comparison of communities of stored product mites in grain mass and grain residues in the Czech Republic*. - Exp. Appl. Acarol., 39: 149-158.

Hubert J., Stejskal V., Munzbergová Z., Kubátová A., Vánová M., Zd'árková E., 2004 - *Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic.* - J. Econ. Entomol., 97: 2144-2153.

Hughes A.M., 1976 - *The mites of stored food and houses*. HMSO, London, 400 pp.

Jõgi N.O., Kleppe Olsen R., Svanes C., Gislason D., Gislason T., Schlünssen V., Sigsgaard T., Sundbom F., Storaas T., Bertelsen R.J., 2020 - *Prevalence of allergic sensitization to storage mites in Northern Europe*. - Clin. Exp. Allergy, 50: 372-382.

Kader A.A, 2005 - *Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce*. - Acta Hortic., 682: 2169-2175.

Kucerova Z., Horak P., 2004 - *Arthropod infestation in samples of stored seeds in the Czech Republic*. - Czech J. Genet. Plant. Breed., 40(1): 11-16.

Lack G., 2008 - *Epidemiologic risks for food allergy*. J. Allergy Clin. Immun., 121: 1331-1336.

Minor T., Thornsbury S., Mishra A.K., 2019 - *The Economics of Food Loss in the Produce Industry.* Routledge, Taylor & Francis Group, 312 pp.

Morales M., Iraola V., Leonor J.R., Bartra J., Rodriguez F., Boquete M., Huertas Á.J., Paniagua M.J., Pinto H., Carnés J., 2014 - *Different sensitization to storage mites depending on the co-exposure to house dust mites*. – Ann. Allerg. Asthma Im, 114: 36-42.

Mullen G.R., O'Connor B.M., 2019 - *Mites (Acari)*. In: Medical and Veterinary Entomology. Mullen G.R. & Durden L.A. (Eds), Academic Press, pp. 533-602.

O'Farrell A.F., Butler P.M., 1948 - *Insects and mites associated with the storage and manufacture of food stuffs in Northern Ireland.* - Econ. Proc. R. Dublin Soc., 3(22): 343-407.

Parkinson C.L., 1990 - *Population increase and damage by three species of mites on wheat at 20°C and two humidities*. - Exp. Appl. Acarol., 8: 179-193.

Phillips T.W, Throne J.E., 2010 - *Biorational Approaches to Managing Stored-Product Insects*. - Annu. Rev. Entomol., 55: 375-397.

Reboux G., Valot B., Rocchi S., Scherer E., Roussel S., Millon L., 2019 - *Storage mite concentrations are*

underestimated compared to house dust mite concentrations. - Exp. Appl. Acarol., 77: 511-525.

Rezaei M., Liu B., 2017 - *Food loss and waste in the food supply chain*. - Nutfruit, 71: 26-27.

Sánchez-Borges M., Suárez-Chacon R., Capriles-Hulett A., Caballero-Fonseca F., Iraola V., Fernández-Caldas E., 2009 - *Pancake Syndrome (Oral Mite Anaphylaxis)*. - World Allergy Organ J., 2(5): 91-96.

Saridomichelakis M.N., Marsella R., Lee K., Esch R., Farmaki R., Koutinas A., 2008 - *Assessment of cross-reactivity among five species of house dust and storage mites.* – Vet. Dermatol., 19(2): 67-76.

Stejskal V., Hubert J., Aulicky R., Kucerova Z., 2015 - *Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective*. - J. Stored. Prod. Res., 64: 122-132.

Stejskal V., Hubert J., Li Z., 2018 - *Human Health Problems and Accidents Associated with Occurrence and Control of Storage Arthropods and Rodents*. In: Athanassiou C., Arthur F. (eds) Recent Advances in Stored Product Protection. Springer, Berlin, Heidelberg

Stejskal V., Vendl T., Li Z., Aulicky R., 2019 - *Minimal Thermal Requirements for Development and Activity of Stored Product and Food Industry Pests (Acari, Coleoptera, Lepidoptera, Psocoptera, Diptera and Blattodea): A Review*. - Insects, 10(5): 149.

Thind B.B., Clarke P.G., 2001 - *The occurrence of mites in cereal-based foods destined for human consumption and possible consequences of infestation*. - Exp. Appl. Acarol., 25: 203-215.

Tianrong X., Tao L., Xiaoyue L., Lei L., Shengquan Q., Xinyu L., Bin X., 2018 - *Gene cloning and expression of heat shock protein gene from* Aleuroglyphus ovatus *and its response to temperature stress.* - Int. J. Acarol., 44(7): 279-287.

van Hage-Hamsten M., Johansson S.G., 1992 - *Storage mites*. - Exp. Appl. Acarol., 16(1-2): 117-128.

Wharton G.W., Arlian L.G., 1972 - *Utilization of water by terrestrial mites and insects*. In: Insect and Mite Nutrition. Rodriguez J.G. Ed., North Holland Publishing Co., Amsterdam, pp. 153–165.

Wharton G.W., Furumizo R.T., 1977 - *Supracoxal gland secretions as a source of freshwater for Acaridei*. - Acarologia, 19(1): 112-116.

Yang R., Niu., D.L., Zhao Y.E., Gong X.J., Hu L., Ai L., 2019 - *Function of heat shock protein 70 in the thermal stress response of* Dermatophagoides farinae *and establishment of an RNA interference method.* - GENE, 705: 82-89.

Zdarkova E., 1998 - *Mite fauna of stored grain in the Czech Republic*. - Plant Protec. Sci., 34(2):49-52.

238 - Pagina bianca

NORME REDAZIONALI

I testi devono essere spediti per posta elettronica al Coordinatore della Redazione "Atti Accademia Entomologia" c/o CREA-DC, Centro di Ricerca per la Difesa e la Certificazione all'indirizzo mail:

rob.nannelli@gmail.com

I contenuti dei lavori sono di esclusiva responsabilità dell'Autore/i.

Il testo deve essere fornito in formato Word con l'estensione .doc oppure .docx (molto gradito anche il file salvato in formato PDF); il testo non deve contenere indicazioni di carattere redazionale e deve essere uniformato alle seguenti norme:

– Titolo, informativo ma conciso.
– Nome dell'Autore (o degli Autori).
– Istituto di appartenenza dell'Autore (o degli Autori) e indirizzo; e-mail dell'autore corrispondente.
– Titolo in inglese.
– Summary.
– Key words, in inglese, massimo cinque parole, che devono dare brevi informazioni integrative al titolo del lavoro.
– Testo del lavoro con ben indicato l'inizio e la fine di ogni capitolo; i rimandi bibliografici devono essere così indicati: (Ramarkers, 1983) o Ramarkers (1983); (Riom e Gerbinot, 1977) oppure Deubert & Rhode (1971); (Robertson *et al.*, 1989).
– Eventuali ringraziamenti.
– Riassunto in italiano.
– Bibliografia indicata come da esempio:

Dallai R., 1975 – *Fine structure of the spermatheca of* Apis mellifera. - J. Insect Physiol., 21: 89-109.

Wallwork J.A., 1967 – *Acari*. In: Soil Biology, Burgers A. & Raw F. Ed., Academic Press, London, New York, pp. 365-395.

Hill D.S., 1987 – *Agricultural insect pests of the tropics and their control*. Cambridge University Press, XII+746 pp.

Nordlund D.A., Jones R.L., Lewis W.J. (Eds.), 1981 – *Semiochemical: their role in Pest control*. Wiley, N.Y., 850 pp.

Le figure e le relative didascalie devono essere indicate in cifre arabe (es. Fig. 1); devono essere fornite in formato JPG o TIFF. Per i grafici è preferito il formato PDF, le linee non dovrebbero essere più sottili di 0,25 pts e i retini avere una densità di almeno il 10%. Per le figure b/n sono ottimali risoluzioni di 600-1200 dpi, per le fotografie 300 dpi; le fotografie in JPG devono essere di buona qualità e dimensione tale da essere ridotte.

Finito di stampare nel marzo 2020
Tipografia Coppini - Firenze

240 - Pagina bianca