Indice con link

ATTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE ITALIANA DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXVIII
2020

CEREBRO FAVCIBVS VTERO
AB ORBIS ORIGINE
TENENT

TIPOGRAFIA COPPINI - FIRENZE

ATTI
DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE ITALIANA DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXVIII
2020

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 21-22 febbraio 2020 ... » 9
Verbali delle adunanze del 12 giugno 2020 ... » 16
Verbali delle adunanze del 20-21 novembre 2020 ... » 21

Commemorazioni

Roberto Romani, Eric Conti – *Carlo Ricci (1946-2018)* ... » 31
Giuseppina Pellizzari – *Ricordo di Sergio Zangheri (1926-2018)* ... » 41
Marco A. Bologna, Paolo Audisio, Maurizio Biondi, Marzio Zapparoli – *Augusto Vigna Taglianti* ... » 47
Giorgio Nuzzaci – *Commemorazione del Prof. Raffaele Monaco* ... » 77

Letture

Leonardo Dapporto – *Due distinti centri di endemismo per le farfalle nel "rifugio italiano" (Lepidoptera, Papilionoidea)* ... » 87
Angharad M.R. Gatehouse, Francesco Pennacchio – *Bioinspired pest control technologies: the use of biocontrol agents beyond the organism level* ... » 93
Alberto Ballerio – *La tutela della biodiversità tra mito e realtà: il futuro dell'entomologia professionale e amatoriale* ... » 99
Sauro Simoni – *Acari delle colture: alcune criticità e prospettive di studio* ... » 105

Tavola Rotonda su:

INSETTI VETTORI DI AGENTI FITOPATOGENI: MECCANISMI ED ECOLOGIA DELLA TRASMISSIONE DI VIRUS E BATTERI

Marilyne Uzest – *Non-circulative virus transmission by aphids: current knowledge on virus-vector interactions* ... » 115
Luciana Galetto – *Fitoplasmi e cicadellidi vettori: interazioni molecolari e specificità di trasmissione* ... » 119
Rosemarie Tedeschi – *Ecologia della trasmissione di batteri ('*Ca. *Liberibacter spp.' e fitoplasmi) da parte di emitteri psilloidei* ... » 129
Nicola Bodino – *Vettori di* Xylella fastidiosa *in Europa: una prospettiva ecologica su trasmissione ed epidemiologia* ... » 137
Alberto Fereres – *Behavioural aspects influencing plant pathogen transmission by hemipteran insects* ... » 145

Giornate Culturali su:

INSECT BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES

Insect Apocalypse

Dave Goulson – *Averting the Insect Apocalypse* ... » 152
Davide Badano, Pierfilippo Cerretti – *Insect collections amidst the sixth mass extinction* ... » 152
Marino Quaranta, Ignazio Floris – *Overview of European pollinating insects and importance of Red Lists for their conservation* ... » 153
Francesco Caracciolo – *Searching a value for agrobiodiversity, functioning and services* ... » 153

Biodiversity and Ecosystem Services

Alexander Wezel – *Agroecological practices using biodiversity for the provision of ecosystem services in agriculture* ... » 154
Samantha Cook – *Building confidence in Beneficials: Conservation biocontrol of insect pests in oilseed rape crops* ... » 154
Andrea Lucchi – *Biological control as an ecosystem service: an Area-wide Pest Management Program in a famous wine- growing area of Tuscany* ... » 155
Giovanni Burgio – *Rural landscape management at different spatial scales and functional diversity* ... » 155

Biodiversity, Resilience and Biocontrol

Louise E.M. Vet – *Insect biodiversity recovery. Let's act!* ... » 156
Luciana Tavella – *Classical and fortuitous biological control, when the exotic is useful* ... » 156
Lucia Zappalà – *Food webs in augmentative and conservation biocontrol* ... » 157
Stefano Colazza, Ezio Peri, Antonino Cusumano, Salvatore Guarino – *How does chemical ecology contribute to improving conservation biological control?* ... » 157

Pollinators Decline

Robert J. Paxton – *Double double toil and trouble: the countryside is dismal for bees and pollination* ..... Pag. 158
Francesco Nazzi – *The need for a holistic study of the impact of biotic and abiotic stress factors on the conservation of pollinators* ..... » 158
Federico Cappa, Rita Cervo – *Biopesticides: a perspective on their sublethal effects on bees and other pollinators* ..... » 159
Paolo Fontana – *The ecological role of the honey bee* ..... » 159

Tavola Rotonda su:

ATTUALI PROBLEMATICHE IN ACAROLOGIA

Ronald Ochoa, Cal Welbourn, Jurgen Otto, Denise Navia, Maria Navajas, Francisco Ferragut, Eric Mcdonald, Gary R. Bauchan – *Detection and identification of invasive mites and regulatory measures: a global update* ..... » 163
Haralabos Tsolakis, Ernesto Ragusa – *Specie aliene di recente introduzione in Italia: stato dell'arte* .... » 167
Enrico de Lillo, Domenico Valenzano, Giovanni Tamburini, Carlo Duso, Sauro Simoni – *Recenti acquisizioni sull'eriofide dell'erinosi della vite (*Colomerus vitis*)* ..... » 177
Elliot Watanabe Kitajima, Pedro Luis Ramos-González, Juliana Freitas-Astúa, Aline Daniele Tassi – *A brief history of diseases associated with* Brevipalpus*-transmitted viruses* ..... » 183
Antonella Di Palma – *Mites as forensic tools?* ..... » 189

ANNO ACCADEMICO
2020

CONSIGLIO DI PRESIDENZA

PRESIDENTE

PENNACCHIO Prof. Dott. Francesco

VICE-PRESIDENTE

FAUSTO Prof. Dott.sa Anna Maria

SEGRETARIO

CERVO Prof. Dott.sa Rita

TESORIERE

NANNELLI Dott. Roberto

ELENCO DEGLI ACCADEMICI

ACCADEMICI SENORIES

Arzone Prof. Dott. Alessandra	– Torino	1984
Balletto Prof. Dott. Emilio	– Torino	2016 - 2020
Barbagallo Prof. Dott. Sebastiano	– Catania	1982
Binazzi Dott. Andrea	– Firenze	1998 - 2011
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 [1]	– Firenze	1983 - 1997
Cravedi Prof. Dott. Piero	– Piacenza	1999 - 2005
Dallai Prof. Dott. Romano	– Siena	1969 - 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
Malva Dott. Carla	– Napoli	2001 - 2010
Maroli Prof. Dott. Michele	– Roma	2003 - 2010
Masutti Prof. Dott. Luigi	– Padova	1972 - 1977
Mellini Prof. Dott. Egidio	– Bologna	1962 - 1972
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
Triggiani Prof. Oreste	– Bari	2001 - 2011

ACCADEMICI ORDINARI

Alma Prof. Dott. Alberto	– Torino	2007 - 2013
Audisio Prof. Paolo Aldo	– Napoli	2004 - 2015
Ballerio Dott. Alberto	– Brescia	2015 - 2020
Battisti Prof. Andrea	– Padova	2010 - 2014
Biondi Prof. Dott. Maurizio	– L'Aquila	2012 - 2019
Bologna Prof. Dott. Marco	– Roma	2001 - 2008
Bosco Prof. Dott. Domenico	– Torino	2015 - 2020
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
Di Palma Prof. Dott. Antonella	– Foggia	2014 - 2020
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
Germinara Prof. Giacinto Salvatore	– Foggia	2014 - 2020
Isidoro Prof. Dott. Nunzio	– Ancona	2013 - 2020
Longo Prof. Dott. Santi	– Catania	1993 - 2000
Luciano Prof. Dott. Pietro	– Sassari	2009 - 2014
Maini Prof. Dott. Stefano	– Bologna	2005 - 2014
Massa Prof. Dott. Bruno	– Palermo	2011 - 2017

[1] † 11 aprile 2020.

Mazzini Prof. Dott. Massimo	– Viterbo	2000
Minelli Prof. Dott. Alessandro	– Padova	1986 - 1993
Nannelli Dott. Roberto	– Firenze	1998 - 2005
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
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
Crisanti Prof. Dott. Andrea	– Padova	2020
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
Viggiani Prof. Dott. Gennaro	– Napoli	2020
Wilson Prof. Edward O.	– Birmingham (Alabama, USA)	2011

ACCADEMICI STRAORDINARI

Anfora Prof. Dott. Gianfranco	– Trento	2020
Bandi Prof. Dott. Claudio	– Milano	2015
Burgio Prof. Dott. Giovanni	– Bologna	2018
Carapelli Prof. Dott. Antonio	– Siena	2020
Casartelli Prof. Dott. Morena	– Milano	2020
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
Duso Prof. Dott. Carlo	– Padova	2016
Faccoli Prof. Dott. Massimo	– Padova	2020
Fanciulli Prof. Dott. Pietro Paolo	– Siena	2019
Garonna Prof. Dott. Antonio Pietro	– Napoli	2016
Grasso Prof. Dott. Donato	–Parma	2020
Guerrieri Prof. Dott. Emilio	– Napoli	2019
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
Sabbatini Peverieri Dott. Giuseppino	– Firenze	2020
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 seniores 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 LXVIII, 2020: 9-29

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 21-22 FEBBRAIO 2020

Presiede il Presidente Prof. Francesco Pennacchio
Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa Rita Cervo

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 21 febbraio 2020, 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:

Seniores: E. Balletto, R. Dallai, V. Girolami, G. Rotundo, M. Solinas;
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, P. Brandmayr, S. Colazza, E. De Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, B. Massa, R. Nannelli, G. Pellizzari, F. Pennacchio, C. Rapistrada, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli;
Straordinari: D. Bosco, G. Burgio, C. Digilio, C. Duso, A.P. Garonna, G.S. Germinara, E. Guerrieri, E. Mazzoni, S. Simoni, G. Siscaro, L. Travella, L. Zappalà.

Hanno giustificato la propria assenza, gli Accademici: *Seniores*: A. Arzone, S. Barbagallo, M. Cobolli, P. Cravedi, G. Gasperi, B. Giordana, M. Maroli, M. Olmi, L. Santini, V. Sbordoni, L. Suss. *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Ballerio, A. Binazzi, M. Biondi, M. Bologna, A. Casale, A. Di Palma, I. Nunzio, S. Longo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, A. Minelli, F. Nazzi, R. Poggi, P.F. Roversi. *Onorari*: R. G. B. Beutel. *Straordinari*: B. Conti, E. Conti, M. Cristofaro, L. Dapporto, R. Pantaleoni, H. Tsolakis, S. Vanin.

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

Il tema della Tavola Rotonda verte su:

"*Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri*"

Il Presidente Francesco Pennacchio apre la Seduta Pubblica e invita l'Accademico Domenico Bosco (Università di Torino), organizzatore della Tavola Rotonda, a coordinare i lavori.

Si susseguono gli interventi:
– Accademico Domenico Bosco (Università di Torino): Introduzione
– Marilyne Uzest (Unité Mixte de Recherche BGPI, INRA-CIRAD, Montpellier): *Non-circulative virus transmission by aphids: current knowledge on virus-vector interactions*
– Luciana Galetto (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, IPSP-CNR, Torino): *Fitoplasmi e cicadellidi vettori: interazioni molecolari e specificità di trasmissione*
– Rosemarie Tedeschi (DISAFA, Unità di Entomologia, Università degli Studi di Torino): *Ecologia della trasmissione di batteri ('Ca. Liberibacter* spp.*' e fitoplasmi) da parte delle psille*
– Nicola Bodino (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, IPSP-CNR, Torino): *Vettori di* Xylella fastidiosa *in Europa: una prospettiva ecologica su trasmissione ed epidemiologia*
– Alberto Fereres (Instituto de Ciencias Agrarias ICA-CSIC, Madrid): *Behavioural Aspects Influencing Plant Pathogen Transmission by Hemipteran Insects*

Segue un'interessante discussione, coordinata dall'Accademico Domenico Bosco, al termine della quale la Seduta si conclude alle ore 18,00.

I testi delle relazioni saranno pubblicati sugli Atti-Rendiconti 2020 dell'Accademia.

Il Segretario verbalizzante — Rita Cervo

Il Presidente — Francesco Pennacchio

ASSEMBLEA PLENARIA

Presiede il Presidente Prof. Francesco Pennacchio
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof.ssa Rita Cervo

Sabato 22 febbraio 2020 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:

Seniores: E. Balletto, M. Cobolli, P. Cravedi, R. Dallai, B. Giordana, G. Rotundo, L. Santini, V. Sbordoni, M. Solinas;

Ordinari: A. Alma, A. Ballerio, A. Battisti, M. A. Bologna, P. Brandmayr, R. Cervo, S. Colazza, E. de Lillo, A.M. Fausto, I. Floris, F. Frati, G. Gargiulo, B. Massa, R. Nannelli, F. Nazzi, G. Pellizzari, F. Pennacchio, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli;

Straordinari: C. Bandi, D. bosco, G. Burigio, B. Conti, E. Conti, L. Dapporto, C. Digilio, A. Di Giulio, M.L. Dindo. C. Duso, P. Fanciulli, A.P. Garonna, G. S. Germinara, E. Guerrieri, A. Lucchi, F. Mason, E. Mazzoni, R. romani, S. Simoni, G. Siscaro, L. Tavella, L. Zappalà

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Emeriti*: S. Barbagallo, G. Gasperi, V. Girolami, M. Maroli, L. Masutti, M. Olmi, L. Süss. *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Binazzi, M. Biondi, A. Casale, A. Di Palma, I. Nunzio, S. Longo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, A. Minelli, R. Poggi, O.Triggiani. *Onorari:* R.G. Beutel. *Straordinari*: M. Cristofaro, R. Pantaleoni, H. Tsolaki, S. Vanin.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti
2) Comunicazioni del Presidente
3) XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia
4) Premio Osella 2020: proclamazione del vincitore
5) Fauna d'Italia
6) Proclamazione e consegna Diplomi ai nuovi Accademici
7) Richiesta finanziamenti e attività culturali dell'Accademia
8) Varie ed eventuali

1) Approvazione del verbale delle Sedute precedenti (15 e 16 novembre 2019)

Vengono esaminati i verbali delle Sedute Pubbliche di venerdì 15 e sabato 16 novembre, 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 con lo scioglimento della Fondazione SILVESTRI, istituita negli anni ’60, i fondi disponibili sono stati assegnati al Dipartimento di Agraria dell’Università di Napoli Federico II. È in corso lo sviluppo di un accordo fra Università di Napoli, Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e Società Entomologica Italiana per l’istituzione e la gestione di un premio internazionale, intitolato a Filippo SILVESTRI, da assegnare a studiosi di chiara fama che hanno fornito contributi rilevanti nel campo della lotta biologica contro insetti dannosi. I contenuti di tale accordo hanno importanti implicazioni anche per quanto riguarda la Richiesta di finanziamenti e attività culturali che verranno trattate in seguito in questa Assemblea Plenaria, in quanto sono previste anche attività di alta formazione.

Il Presidente fa presente che è necessario velocizzare l’invio dei contributi che devono essere pubblicati sugli Atti dell’Accademia che andranno in stampa ad Aprile prossimo. Si coglie l’occasione per sottolineare la difficoltà di dovere spesso sollecitare ripetutamente la consegna dei contributi scritti agli organizzatori e ai partecipanti delle Tavole Rotonde. Questa spiacevole situazione non è più accettabile e si propone di definire nuove regole per la gestione delle Tavole Rotonde e dei volumi degli Atti a esse relativi.

Il Presidente comunica che, su mandato del Consiglio di Presidenza, è stato avviato un contatto con l’Agenzia Event Planet per la creazione e il mantenimento di un nuovo sito internet per l’Accademia. Sono state proposte delle soluzioni grafiche al momento in valutazione e si prevede di ultimare il sito entro la fine di marzo 2020. Nella migrazione dei dati dal vecchio al nuovo sito, si prevede di procedere a uniformare i CV degli Accademici. A tale scopo, si prevede di fornire un format a cui tutti dovranno adeguarsi. Sarà, inoltre, stabilita una data per l’invio di quanto verrà richiesto, oltre la quale le informazioni giacenti relative ai singoli accademici verranno rimosse e sostituite da una minima descrizione d’ufficio.

Il Presidente comunica che in rappresentanza dell’Accademia Nazionale dei Lincei parteciperà al gruppo di lavoro G Science, che si riunirà presso la National Academy of Sciences USA, il 24 e 25 marzo 2020, in quanto fra gli argomenti scientifici da portare all’attenzione del prossimo G7 risulta anche quello relativo al problema della perdita di biodiversità degli insetti e degli importanti servizi ecosistemici che essi forniscono. Il Presidente invita gli Accademici a fornire eventuali spunti di riflessione in merito da potere prendere in considerazione per una più ampia condivisione possibile di un documento di così grande importanza. Purtroppo i tempi sono molto stretti e sarebbe auspicabile ricevere gli eventuali contributi nel più breve tempo possibile.

3) XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia

Il Presidente invita l’Accademico Alberto ALMA ad aggiornare l’Assemblea sull’organizzazione del Congresso. Prende la parola Alberto ALMA che fa il punto sull’organizzazione del XXVI Congresso nazionale di Entomologia che si terrà a giugno prossimo a Torino.

4) Premio Osella 2020: proclamazione del vincitore

Il Presidente comunica che in data 23 gennaio 2020, la Commissione giudicatrice ha dichiarato vincitore Davide RASSATI.

5) Fauna d’Italia

Il Presidente invita all’Accademico Marco BOLOGNA ad aggiornare l’Assemblea sulla Fauna d’Italia. L’Accademico Marco BOLOGNA prende la parola e informa che saranno a breve pronte le

bozze del Volume LIV, Lepidoptera "Rhopalocera" (autori l'Accademico Emilio Balletto *et al*.) mentre altri volumi Neuropteroidea (autore l'Accademico Roberto Pantaleoni); Diptera Tachinidae (autori Pierfilippo Cerretti *et al*.); Coleoptera Oedemeridae (autori l'Accademico Marco A. Bologna & R. Poloni); Homoptera Psilloidea (autore l'Accademico Carmelo Rapisarda *et al*.) sono in produzione. È stato infine proposto un volume sui Dermaptera. L'Accademico Marco Bologna informa inoltre l'Assemblea che la nuova "Checklist della fauna italiana" è on-line e ricorda che l'ultimo aggiornamento della Checklist della Fauna d'Italia risale al 1995. Inoltre, viene informata l'Assemblea che i rapporti tra il Comitato Scientifico della Fauna d'Italia (CSFI) e ISPRA sono ora gestiti dall'Accademico Franco Mason. Infine, l'Accademico Marco Bologna informa che è previsto un incontro con il Ministero dell'Ambiente allo scopo di chiedere un finanziamento per queste attività.

6) Proclamazione e consegna diplomi nuovi Accademici Straordinari

Il Presidente chiedi di spostare la proclamazione e la consegna dei diplomi al termine della riunione. L'Assemblea approva all'unanimità.

7) Richiesta finanziamenti e attività culturale dell'Accademia

Il Tesoriere e il Segretario hanno preparato e inviato, come previsto, entro la fine del mese di gennaio 2020 la richiesta del contributo annuale al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali. Tale richiesta contiene il programma culturale, relativo alle Tavole Rotonde dell'Accademia dei prossimi anni, già definito per il 2020 e 2021, in via di definizione per il 2022.

Le Tavole Rotonde previste sono:

– A novembre 2020 è programmata una Tavola Rotonda sull' Acarologia, coordinata dagli Accademici Enrico de Lillo e Sauro Simoni.
– A febbraio è programmata una Tavola Rotonda, coordinata dall'Accademico Franco Mason dal titolo "Conservazione e monitoraggio degli insetti saproxilici".
– Per il novembre 2021 è programmata una Tavola Rotonda dal titolo "Da forma a funzione: recenti acquisizioni sull'anatomia funzionale degli insetti" organizzata da Andrea Di Giulio e Roberto Romani.
– Sempre per il 2021 è programmata una Tavola Rotonda organizzata da Claudio Bandi la cui tematica sarà nell'ambito medico-sanitario (il periodo e il titolo preciso rimangono da essere definiti).

Oltre alle Tavole Rotonde, si prevede di organizzare, in diverse sedi a livello nazionale, delle Giornate di Studio su tematiche specifiche, offerte soprattutto a giovani in formazione (dottorandi di ricerca e assegnisti). Tali iniziative potranno essere organizzate, se necessario, utilizzando come volano di anticipazione fondi già disponibili e puntando alla loro ricostituzione attraverso le quote d'iscrizione corrisposte dai partecipanti.

In tale ottica è in fase di attiva organizzazione un'iniziativa di due giorni, che si terrà a Grugliasco (Torino), il 12 e 13 giugno, su "Disegno sperimentale e analisi dei dati in Entomologia". Gli Accademici Alberto Alma e Andrea Battisti, assieme Lorenzo Marini a breve faranno circolare le informazioni relative.

Entro fine anno si prevede di organizzare anche un incontro sul tema "Biodiversità degli Insetti", nell'ambito delle attività promosse e supportate dal Fondo Marcello La Greca. I Colleghi Accademici della sede di Catania hanno dato informalmente disponibilità a promuovere tale iniziativa e, in particolare, l'Accademico Sebastiano Barbagallo ha fatto preziosa opera di collegamento con l'Accademia Gioenia di Catania, interessata a co-promuovere e organizzare questa iniziativa in memoria di Marcello La Greca. Pertanto, si invitano i Colleghi Accademici di Catania di formulare una proposta operativa nell'arco dei prossimi mesi.

L'organizzazione delle attività culturali potrà essere uno degli obiettivi di un progetto da sottomettere alla Banca d'Italia, che emana ogni anno un bando che ha due scadenze annuali,

fine gennaio e fine agosto. Il Consiglio di Presidenza riterrebbe opportuno partecipare al bando con scadenza ad Agosto. Pertanto, sarebbe opportuno costituire un gruppo di lavoro per la stesura del progetto.

6 bis) Proclamazione e consegna diplomi nuovi Accademici Straordinari

Il Presidente procede alla consegna dei diplomi ai nuovi Accademici Straordinari:
– Prof.ssa Barbara CONTI
– Prof. Andrea DI GIULIO
– Prof.ssa Maria Luisa DINDO
– Prof. Pietro Paolo FANCIULLI
– Prof. Emilio GUERRIERI
– Dr. Franco MASON
– Prof. Lucia ZAPPALÀ

Al termine delle Proclamazioni dei nuovi Accademici Straorniari, il Presidente consegna ai membri del vecchio Consiglio di Presidenza delle Targhe come ringraziamento e riconoscimento per il lavoro svolto in questi ultimi anni.

8) Varie ed eventuali

Nessuna

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

SEDUTA PUBBLICA - ore 10:30

– Lettura dell'Accademico Leonardo DAPPORTO: "Filogeografia comparativa dei lepidotteri diurni europei"
– Commemorazione dell'Accademico Carlo RICCI da parte degli Accademici Eric CONTI e Roberto ROMANI
– Commemorazione dell'Accademico Sergio ZANGHERI da parte dell'Accademica Giuseppina PELLIZZARI

ASSEMBLEA ORDINARIA
Presiede il Presidente Prof. Francesco PENNACCHIO
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof.ssa Rita CERVO

Sabato 22 febbraio 2020 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:

Seniores: E. BALLETTO, M. COBOLLI, P. CRAVEDI, R. DALLAI, B. GIORDANA, G. ROTUNDO, L. SANTINI, V. SBORDONI, M. SOLINAS;
Ordinari: A. ALMA, A. BALLERIO, A. BATTISTI, M. A. BOLOGNA, P. BRANDMAYR, R. CERVO, S. COLAZZA, E. DE LILLO, A.M. FAUSTO, I. FLORIS, F. FRATI, G. GARGIULO, B. MASSA, R. NANNELLI, F. NAZZI, G. PELLIZZARI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores*: S. Barbagallo, G. Gasperi, V. Girolami, M. Maroli, L. Masutti, M. Olmi, L. Süss. *Ordinari*: P.A. Audisio, A. Binazzi, M. Biondi, A. Casale, A. Di Palma, I. Nunzio, S. Longo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, A. Minelli, R. Poggi, O. Triggiani.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della seduta precedente.
2) Comunicazioni del Presidente.
3) Esame e approvazione conto consuntivo anno finanziario 2019.
4) Investimento del fondo inalienabile.
5) Varie ed eventuali.

1) Approvazione del verbale della seduta precedente

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria del 16 novembre 2019, già inviato a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Includendo anche i nuovi eletti durante l'Assemblea Ordinaria dello scorso novembre (Emilio Balletto, Alberto Ballerio, Antonella Di Palma, Nunzio Isidoro) la cui proposta di nomina è attualmente presso il Ministero dei Beni e delle Attività culturali, i posti di Accademici Ordinari attualmente coperti o impegnati sono 38. Si evidenzia inoltre che entro la metà del prossimo novembre, i colleghi Andrea Binazzi, Carla Malva, Oreste Triggiani ed Emilio Balletto compiranno il settantacinquesimo anno e lasceranno liberi quattro posti passando, secondo il nuovo statuto, alla categoria Seniores. In considerazione di quanto esposto, i posti da Accademico Ordinario disponibili sono quindi 6. Il Consiglio di Presidenza, nell'ultima riunione di gennaio 2020 ha deciso di proporre di renderne 3 disponibili per il 2020.

Per quanto riguarda gli Accademici Straordinari risulta che il loro numero è di 26.
Lo Statuto tuttora vigente prevede che il numero complessivo sia di 40.
I posti disponibili da Accademico straordinario sono quindi 14. Il Consiglio ha deciso di proporre di renderne 6 disponibili nel 2020.

In merito agli Accademici onorari, che attualmente sono 8, risultano disponibili 7 posti dato che lo Statuto vigente prevede un numero complessivo di 15 posti.

Emerge anche che i seguenti Accademici straordinari necessitano di conferma in quanto hanno maturato il periodo di nomina o di conferma: Claudio Bandi, Domenico Bosco, Massimo Cristofaro, Maria Cristina Digilio, Carlo Duso, Antonio Garonna, Salvatore G. Germinara, Andrea Lucchi, Roberto Pantaleoni.
La Segretaria invierà loro una richiesta di disponibilità a continuare a collaborare attivamente alle attività dell'Accademia e metterà ai voti la loro conferma nella seduta di novembre.

3) Esame e approvazione conto consuntivo anno finanziario 2019

Su invito del Presidente, il Tesoriere Roberto Nannelli informa che in data 11 febbraio 2020 è stata predisposta una bozza di Bilancio consuntivo dell'anno finanziario 2019 e una bozza di Bilancio preventivo dell'anno finanziario 2020 che sono state inviate 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 portare in approvazione il bilancio nell'Assemblea dell'Accademia di febbraio 2020. Il Tesoriere illustra i diver-

si punti della bozza di Bilancio consuntivo 2019 e del Bilancio preventivo 2020. L'Assemblea non pone rilievi ed approva all'unanimità la bozza.

4) Investimento del fondo inalienabile

È necessario decidere come rinvestire il Patrimonio dell'Accademia, poiché i titoli nei quali il fondo inalienabile (50.000 euro) è attualmente investito sono in scadenza nel marzo prossimo. Si propone il rinnovo di questo investimento, valutando con i servizi finanziari del Monte dei Pachi di Siena quali sono le opzioni più convenienti da sottoscrivere.

5) Varie ed eventuali

Gli Accademici Marco BOLOGNA e Marzio ZAPPAROLI chiedono se fosse possibile avere un contributo dall'Accademia per la Fauna d'Italia. Il Presidente mostra la propria disponibilità e propone di valutare la possibilità di utilizzare l'opportunità del Bando della Banca d'Italia per presentare un progetto di finanziamento sulla Fauna d'Italia.

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

Firenze, 22 febbraio 2020

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO

Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 12 GIUGNO 2020

Presiede il Presidente Francesco Pennacchio
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof.ssa Rita Cervoi

ASSEMBLEA ORDINARIA

Venerdì 12 giugno 2020 alle ore 16:00, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. Balletto, S. Barbagallo, M. Cobolli, P. Cravedi, R. Dallai, B. Giordana, M. Maroli, V. Sbordoni.
Ordinari: A. Alma, P.A. Audisio, A. Ballerio, A. Battisti, M. Biondi, M. A. Bologna, P. Brandmayr, A. Casale, R. Cervo, S. Colazza, E. de Lillo, A. Di Palma, A.M. Fausto, G. Gargiulo, S. Longo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, B. Massa, A. Minelli, R. Nannelli, F. Nazzi, I. Nunzio, F. Pennacchio, R. Poggi, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Vanin, L. Zappalà, M. Zapparoli.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores*: S. Ragusa Di Chiara. *Ordinari*: nessuno.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della seduta precedente
2) Comunicazioni del Presidente
3) Varie ed eventuali.

1) Approvazione del verbale della seduta precedente

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria del 22 febbraio 2020, già inviato a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

La gestione del Patrimonio dell'Accademia, dopo la scadenza dei titoli nei quali il fondo inalienabile (50.000 euro) è attualmente investito, non ha ancora avuto seguito essendo stato impossibile per il Tesoriere interagire con i servizi finanziari del Monte dei Paschi di Siena per le limitazioni imposte dalla pandemia di Covid-19. È previsto un incontro la prossima settimana per procedere secondo quanto deciso in precedenza.

Nell'ultima Assemblea Ordinaria era stata data la comunicazione del numero dei posti disponibili per il 2020: Accademici Ordinari 3, Accademici Straordinari 6. Per gli Accademici Onorari sono disponibili 7 posti. Entro la scadenza del 30 aprile sono pervenute le seguenti domande:

Accademici Ordinari
– Prof. Domenico Bosco – Proposto da: Alberto Alma, Andrea Battisti, Agatino Russo;
– Prof. Giacinto Salvatore Germinara – Proposto da: Giuseppe Rotundo, Stefano Turillazzi, Pio Federico Roversi.

Accademici Straordinari
– Prof. Gianfranco Anfora – Proposto da: Giuseppe Rotundo, Enrico De Lillo, Stefano Colazza;
– Prof. Antonio Carapelli – Proposto da: Romano Dallai, Francesco Frati, Massimo Mazzini;

– Prof.ssa Morena Casartelli – Proposta da: Barbara Giordana, Giuliano Gasperi, Andrea Battisti;
– Prof. Massimo Faccoli – Proposto da: Alberto Alma, Andrea Battisti, Pio Federico Roversi.
– Prof. Donato Antonio Grasso – Proposto da: Stefano Turillazzi, Ignazio Floris, Francesco Nazzi;
– Dr. Giuseppino Sabbatini – Proposto da: Pio Federico Roversi, Romano Dallai, Andrea Battisti;

Accademici Onorari
– Prof. Andrea Crisanti – Proposto da: Barbara Giordana, Giuliano Gasperi, Carla Malva.
– Prof. Gennaro Viggiani – Proposto da: Romano Dallai, Barbara Giordana, Giuseppe Rotundo.

Per potere avere accesso alla piattaforma ZOOM utilizzata per le Giornate Culturali 2020 e tanto altro, si è proceduto alla sottoscrizione di un abbonamento annuale, e alla sua integrazione, relativa solo al mese di giugno, per i webinar, il cui costo complessivo è condiviso con la Società Entomologica Italiana. Il contributo da trasferire ammonta a 278 euro.

3) Varie ed eventuali

Molti Accademici manifestano la loro soddisfazione riguardo alla proposta di nomina a Socio onorario del Prof. Gennaro Viggiani. Molti complimenti vengono fatti sia per il nuovo sito web dell'Accademia che per l'organizzazione delle Giornate Culturali appena concluse.

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 16:25.

Firenze, 12 giugno 2020

Il Segretario verbalizzante — Rita Cervo
Il Presidente — Francesco Pennacchio

ASSEMBLEA PLENARIA
Presiede: il Presidente Prof. Francesco Pennacchio
Segretario verbalizzante: il Segretario Prof.ssa Rita Cervo

Venerdì 12 giugno 2020 alle ore 16:30, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria.

Sono presenti gli Accademici:

Seniores: E. Balletto, S. Barbagallo, M. Cobolli, P. Cravedi, R. Dallai, B. Giordana, M. Maroli, V. Sbordoni.
Ordinari: A. Alma, P.A. Audisio, A. Ballerio, A. Battisti, M. Biondi, M. A. Bologna, P. Brandmayr, A. Casale, R. Cervo, S. Colazza, E. De Lillo, A. Di Palma, A.M. Fausto, I. Floris, G. Gargiulo,,G. S. Germinara, S. Longo, P. Luciano, S. Maini, C. Malva, B. Massa, R. Nannelli, F. Nazzi, I. Nunzio, F. Pennacchio, R. Poggi, C. Rapisarda, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, S. Vanin, L. Zappala', M. Zapparoli.
Straordinari: G. Burgio, E. Conti, A. Di Giulio, M.L. Dindo, C. Duso, A. P. Garonna, R. Romani, S. Simoni, G. Siscaro, L. Tavella, H. Tsolakis.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores*: S. Ragusa di Chiara; *Ordinari*: nessuno; *Straordinari*: M. Cristofaro, E. Mazzoni; *Onorari:* nessuno.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione dei verbali delle sedute precedenti
2) Comunicazioni del Presidente
3) Pubblicazioni dell'Accademia
4) XXVI Congresso Nazionale di Entomologia
5) Fauna d'Italia
6) Varie ed eventuali

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria di sabato 22 febbraio 2020, 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 Giornate Culturali 2020 (https://www.accademiaentomologia.com/giornate-culturali/), organizzate come evento aggregante nella stessa settimana del XXVI CNIE, spostato al 2021, sono state seguite mediamente da più di 300 persone al giorno e rappresentano un formato d'incontro scientifico certamente da ripetere, affiancandolo, si spera, alla ripresa delle canoniche riunioni in presenza fisica. Inoltre, tutte le altre iniziative di alta formazione di cui si è parlato sono temporaneamente congelate e, solo per alcune di esse, si potrebbe prevedere una realizzazione sul web.

Il Presidente informa che è in corso l'organizzazione di una Tavola Rotonda sulla Difesa delle Piante, assieme a SEI, SIPaV e AIPP, che verrà tenuta su web in un giorno della settimana del 13 luglio 2020. Questa iniziativa si inquadra nell'ambito dell'International Year of Plant Health, promosso dalle Nazioni Unite.

Il Presidente comunica che è pervenuta una lettera di ringraziamento a firma della Signora Caterina Meduri La Greca e ne da lettura.

Il Presidente ricorda che con lo scioglimento della Fondazione Silvestri, istituita negli anni 60, i fondi disponibili sono stati assegnati al Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II. È stato sviluppato il testo di un accordo fra Università di Napoli, Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e Società Entomologica Italiana per l'istituzione e la gestione di un premio internazionale, intitolato a Filippo Silvestri, da assegnare a studiosi di chiara fama che hanno fornito contributi rilevanti nel campo della lotta biologica contro insetti dannosi.

Il Presidente comunica che non è stato possibile partecipare alla riunione del G-Science, organizzata dalla National Academy of Sciences USA, a causa della pandemia da Covid-19. Il testo del documento a cui si è contribuito è disponibile online (https://www.lincei.it/sites/default/files/documenti/Relazioni_Int/2020_G-Science_Global_Insect_Declines_and_the_Potential_Erosion_of_Vital_Ecosystem_Services_Statement.pdf).

Il Presidente comunica che il nuovo sito dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia è stato pubblicato, così come programmato. Ringrazia i tanti che hanno fornito in tempo le informazioni richieste e sollecita a fornirle chi non lo avesse ancora fatto.

3) Pubblicazioni dell'Accademia

Il Presidente espone all'Assemblea un progetto editoriale per dare avvio alla realizzazione di una collana di libri che copra i diversi ambiti tematici dell'Entomologia. Per potere definire i dettagli operativi propone la costituzione di un gruppo di lavoro costituito dal Consiglio di Presidenza e da altri 4 accademici.

4) XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia

Il Presidente invita l'Accademico Alberto ALMA ad aggiornare l'Assemblea sull'organizzazione del Congresso. Prende la parola Alberto ALMA che fa il punto sull'organizzazione del XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia che si terrà a giugno 2021 a Torino.

5) Fauna d'Italia

A valle della discussione avviata in febbraio sulla possibilità di presentare un progetto alla Banca d'Italia a supporto delle attività culturali promosse dall'Accademia, il Presidente propone che tale progetto sia a favore del finanziamento della Fauna d'Italia. L'Assemblea approva all'unanimità e conferisce l'incarico di redazione di tale progetto agli Accademici Marco BOLOGNA e Marzio ZAPPAROLI.

Il Presidente invita all'Accademico Marco BOLOGNA ad aggiornare l'Assemblea sulla Fauna d'Italia. Prende la parola il Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, Accademico Marco A. BOLOGNA, relazionando sulle attività del CSFI. I rapporti con la casa editrice Calderini, dopo un lungo periodo di difficoltà, sono recentemente ripresi, a seguito di un'iniziativa diretta con il Responsabile editoriale. Nel frattempo sono state inviate all'Accademico Emilio BALLETTO le bozze del volume sui Lepidotteri Papilionoidei (LIV), di cui è prevista la stampa dopo l'estate. Lo stesso autore sta lavorando alacremente alla redazione del volume 2 sullo stesso gruppo di farfalle. Per quanto riguarda un altro volume in avanzata preparazione, sugli Psylloidea, l'autore, Accademico Carmelo RAPISARDA, ha dichiarato che consegnerà il testo e le figure nella primavera 2021. Oltre ai suddetti volumi, al momento ne sono in preparazione altri, perlopiù di carattere entomologico: Diptera Tachinidae, autore Pierfilippo CERRETTI; Neuropterida, autore Roberto PANTALEONI; Dermaptera, autori, tra gli altri, Paolo FONTANA e l'Accademico Roberto POGGI; Molluschi Cephalopoda, autore G. BELLO. È in avanzata fase di sviluppo, a cura del gruppo operativo del CSFI (Accademici M.A. BOLOGNA, S. MINELLI e M. ZAPPAROLI, oltre a L. BONATO), la Nuova Checklist della Fauna italiana. Circa 40 liste sono già state completate e consegnate ed altre decine verranno consegnate entro il mese di giugno 2020. Le ultime Checklist previste per il 2020 saranno consegnate a dicembre di questo anno. Nel 2021 saranno attivati ulteriori contatti con altri specialisti per gruppi tassonomici al momento non considerati per completare le liste mancanti. Molte delle Checklist già inserite nel database riguardano insetti. Il database si appoggerà alla piattaforma del progetto europeo LifeWatch, con cui è stato trovato un accordo anche per un ulteriore finanziamento di un assegno di ricerca per sostenere il progetto. Il CSFI sta predisponendo la bozza del progetto e della documentazione necessaria per richiedere, tramite l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, un contributo dalla Banca d'Italia che sarà finalizzato all'implementazione dei database del progetto Checklist della Fauna d'Italia. Durante l'odierna Assemblea dell'Accademia, congiunta a quella della Società Entomologica Italiana, il Presidente del CSFI, a nome anche di altri colleghi, gli Accademici Paolo AUDISIO, Maurizio BIONDI e Marzio ZAPPAROLI, presenterà la commemorazione dell'ex Presidente del CSFI e della SEI, l'Accademico Augusto VIGNA TAGLIANTI.

6) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 17:00.

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO

Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 12 giugno 2020, alle ore 17:00, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori della Seduta Pubblica.

Ore 17:00 Lettura: "Bioinspired pest control technologies: A new frontier in biological control. (Lotta biologica e nuove tecnologie)", da parte dell'Accademico Onorario Angharad MR GATEHOUSE - Newcastle University, Newcastle (UK).

Ore 17:30 Commemorazione dell'Accademico Augusto VIGNA TAGLIANTI da parte dell'Accademico Marco A. BOLOGNA - Università Roma Tre, Roma (Italia).

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

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO

Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 20-21 NOVEMBRE 2020

Presiede il Presidente Prof. Romano Dallai
Segretario verbalizzante: il Segretaria Prof.ssa Rita Cervo

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 20 novembre 2020 alle ore 16:00, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori della Seduta Pubblica.

Sono presenti gli Accademici:
Seniores: E. Balletto, P. Cravedi, R. Dallai, S. Ragusa Di Chiara, L. Santini, M. Solinas, L. Suss
Ordinari: A. Alma, A. Battisti, R. Cervo, S. Colazza, E. De Lillo, A. Di Palma, A.M. Fausto, I. Floris, F. Frati, S. Longo, S. Maini, R. Nannelli, G. Pellizzari, F. Pennacchio, R. Poggi, C. Rapisarda, P.F. Roversi, P. Trematerra, M. Zapparoli.
Straordinari: M. Cristofaro, M.C. Digiglio, A. Di Giulio, M.L. Dindo, C. Duso, G.S. Germinara, E. Mazzoni, S. Simoni, G. Siscaro, L. Tavella, H. Tsolakis, S. Vanin, L. Zappalà

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores:* S. Barbagallo, M. Cobolli, V. Sbordoni; *Ordinari:* A. Ballerio, A. Casale, P. Luciano, F. Nazzi; *Straordinari:* nessuno.

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

Il tema della Tavola Rotonda verte su:

"Attuali problematiche in acarologia"

ll Presidente Francesco Pennacchio apre la Seduta Pubblica e invita gli Accademici Antonella Di Palma e Enrico de Lillo a coordinare i lavori.

Ore 16:15 - Introduzione degli Accademici Antonella Di Palma e Enrico de Lillo

Si susseguono gli interventi:

Ore 16:30 - R. Ochoa - Systematic Entomology Laboratory, ARS-USDA, USA - *Alien mite species detections: a box of limitations and identification problems!*

Ore 16:50 - H. Tsolakis, E. Ragusa - Università degli Studi di Palermo - *Specie aliene di recente introduzione in Italia: stato dell'arte.*

Ore 17:10 - T. Van Leeuwen - Ghent University - *The molecular genetic mechanisms of acaricide resistance in* Tetranychus urticae.

Ore 17: 30 - E. de Lillo, D. Valenzano, G. Tamburini (Università degli Studi di Bari Aldo Moro), C. Duso (Università degli Studi di Padova), S. Simoni (CREA-DC, Firenze) - *Grape erineum strain of* Colomerus vitis*: findings and notes.*

Ore 17:50 - E.W. Kitajima - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo - *The peculiar pathosystem of the* Brevipalpus *(Tenuipalpidae) mites-transmitted plant viruses".*

Ore 18:10 - A. Di Palma (Università degli Studi di Foggia) - *Mites as forensic tool?*

Ore 18:30 - Discussione e conclusioni

Ore 18:50 - Chiusura dei lavori

Il Segretario verbalizzante — Rita Cervo

Il Presidente — Francesco Pennacchio

ASSEMBLEA PLENARIA
Presiede il Presidente Prof. Francesco Pennacchio
Segretario verbalizzante: la Segretaria Prof.ssa Rita Cervo

Sabato 21 novembre 2020 alle ore 09:00, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria.

Sono presenti gli Accademici:
Seniores: P. Cravedi, R. Dallai, G. Gasperi, B. Giordana, M. Maroli, L. Masutti, G. Nuzzaci, S. Ragusa Di Chiara, L. Santini, L. Suss.
Ordinari: A. Alma, P. Audisio, A. Ballerio, A. Battisti, A. Binazzi, M. Biondi, M.A. Bologna R. Cervo, S. Colazza, E. De Lillo, A. Di Palma, A. M. Fausto, I. Floris, F. Frati,G. Gargiulo, S. Longo, B. Massa, A. Minelli, R. Nannelli, F. Nazzi, F. Pennacchio, R. Poggi, P.F. Roversi, A. Russo, S. Turillazzi, M. Zapparoli.
Straordinari: C. Bandi, D. Bosco, G. Burgio, B. Conti, E. Conti, M. Cristofaro. L. Dapporto, M.C. Digiglio, A. Di Giulio, M.L. Dindo, C. Duso, A.P. Garonna, G.S. Germinara, A. Lucchi, E. Mazzoni, R.A. Pantaleoni, S. Simoni, G. Siscaro, L. Tavella, H. Tsolakis, L. Zappalà

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores:* S. Barbagallo, M. Cobolli, V. Sbordoni; *Ordinari:* A. Casale, P. Luciano; *Straordinari:* nessuno.

Viene discusso il seguente Ordine del Giorno:

1) Approvazione verbale seduta precedente (12 giugno 2020)
2) Comunicazioni del Presidente
3) Proclamazione e consegna Diplomi nuovi Accademici
4) Pubblicazioni dell'Accademia
5) XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia
6) Fauna d'Italia
7) Programma definitivo delle Sedute pubbliche per l'Anno Accademico 2021
8) Varie ed eventuali

1) Approvazione del verbale della seduta precedente

Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 12 giugno 2020, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici, che viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente.

– È stata sottoscritta una lettera d'intenti con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) i cui tre articoli recitano:

Art. 1 (oggetto)

Le Parti convengono che la presente dichiarazione d'intenti è finalizzata a dare avvio a una collaborazione scientifica per lo sviluppo di studi e ricerche in campo entomologico con particolare riguardo al controllo degli artropodi dannosi e al monitoraggio e tutela della biodiversità, anche attraverso collaborazioni scientifiche che possano prevedere il coinvolgimento di accademici per mezzo dello strumento dell'associatura.

Art. 2 (non onerosità della collaborazione)

La collaborazione tra le Parti viene fornita a titolo non oneroso. L'eventuale previsione di un rimborso da parte di soggetti privati sarà inserita, se d'interesse, negli accordi operativi successivi.

Art. 3 (durata)

Il presente atto è valido per la durata di 3 anni e potrà essere rinnovato mediante accordo scritto fra le parti.

L'Accademico MARCO A. BOLOGNA prende la parola e ricorda all'Assemblea che lui insieme all'Accademico MARZIO ZAPPAROLI da tempo collaborano con ISPRA per varie attività tra cui l'indicazione di specie per la Direttiva Habitat e la realizzazione di manuali per il monitoraggio.

– La convenzione relativa alla gestione del Premio Silvestri sarà portata in approvazione nelle prossime riunioni di Senato Accademico e Consiglio di Amministrazione dell'Università di Napoli "Federico II".

– Dal 30 novembre al 4 dicembre 2020, tutti i pomeriggi, con inizio alle 14:30, si terrà l'XI Annual Meeting dell'European PhD Network "Insect Science", consolidata tradizione che vede dottorandi e post-dottorandi italiani e stranieri confrontarsi attraverso la presentazione dei loro progetti. Il programma verrà distribuito a breve.

– Il 16 dicembre 2020 si terrà un workshop dal titolo "*Plant Health: from genes to crop protection*", promosso dalla Società Italiana di Genetica Agraria e co-organizzato con la Società Entomologica Italiana, la Società Italiana di Patologia Vegetale e la Società Italiana di Biologia Vegetale. Il programma verrà distribuito a breve.

– Il corso su "Disegno Sperimentale e Analisi dei Dati nella Ricerca in Entomologia", organizzato da Andrea BATTISTI e Lorenzo MARINI (Università di Padova), per i giovani dottorandi, si terrà in presenza, per un numero massimo di 20 persone, compatibilmente con la situazione pandemica, nella prima metà del prossimo anno.

3) Proclamazione e consegna diplomi nuovi Accademici

Il decreto del Ministro dei Beni Culturali del 10/6/2020 recita:

Il dott. Alberto Ballerio, il prof. Emilio Balletto, la prof.ssa Antonella Marta Di Palma e il prof. Nunzio Isidoro sono nominati Accademici Ordinari dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, con sede in Firenze.

Date le condizioni in cui l'Assemblea si è dovuta riunire a causa dell'emergenza Covid, il Presidente non può consegnare i Diplomi agli Accademici neominati e si riserva di farlo appena vi sarà la possibilità di riunirsi in presenza.

L'Assemblea si congratula con gli Accademici neoeletti, accogliendoli con un caloroso applauso.

4) Pubblicazioni dell'Accademia

– Il Presidente illustra il documento recentemente inviato che descrive lo stato di avanzamento del progetto editoriale per la realizzazione di un'opera in più volumi, riguardanti i diversi ambiti dell'Entomologia e destinata alla didattica universitaria e post-universitaria.

– Si ricorda a tutti gli Accademici di consegnare i contributi scritti relativi alle presentazioni fatte in Accademia nel corso del 2020 entro la fine dell'anno, per poter consentire la pubblicazione in tempo utile dei Rendiconti e dei volumi relativi alle Tavole Rotonde.
– Ricorda anche la pubblicazione sulla storia dell' Apicoltura curata dall'Accademico Ignazio FLORIS realizzata grazie al contributo dell'Eva Crane Trust ottenuto dall'Accademia.

5) XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia

Il Presidente invita l'Accademico Alberto ALMA ad aggiornare l'Assemblea sull'organizzazione del Congresso. Prende la parola Alberto ALMA che fa il punto sull'organizzazione del XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia che si terrà a giugno 2021 a Torino. Il Congresso si svilupperà su 4 giornate (da martedì 8 a venerdì 11 giugno) e se non sarà possibile la modalità in presenza per il persistere dell'emergenza sanitaria, si opterà per la modalità a distanza su piattaforma web. Alcuni Accademici (A. RUSSO e C. RAPISARDA) consigliano di considerare anche la modalità mista (in presenza e a distanza).

6) Fauna d'Italia

Su invito del Presidente, l'Accademico Marco A. BOLOGNA, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, prende la parola e aggiorna l'Assemblea sui volumi in stampa e in lavorazione della Fauna d'Italia. Informa, inoltre, che insieme all'Accademico M. ZAPPAROLI hanno provveduto a preparare un progetto per la richiesta di un finanziamento alla Banca d'Italia per contribuire alla pubblicazione dei volumi della Fauna d'Italia. Il risultato della selezione delle domande dei partecipanti al Bando della Banca d'Italia sarà reso noto nei prossimi mesi.

7) Programma definitivo delle Sedute per l'A.A. 2021

Il programma delle Sedute per l'A.A. 2021 è il seguente:

Assemblee 19-20 febbraio 2021
– Tavola Rotonda su "*Un aggiornamento sui flebotomi: biologia, ruolo vettoriale, strategie di controllo*" coordinata dall'Accademico Claudio BANDI e da Sara EPIS.
– Commemorazione dell'Accademico Piero BARONIO da parte degli Accademici Maria Luisa DINDO e Stefano MAINI
– Lettura da definire

Assemblee di giugno 2021 (in occasione del XXVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia)
– Commemorazione dell'Accademico Marco Vittorio COVASSI da parte degli Accademici Pio Federico ROVERSI e Andrea BINAZZI

Assemblee 19-20 novembre 2021
– Tavola Rotonda su "Da forma a funzione: recenti acquisizioni sull'anatomia funzionale degli insetti" coordinata dagli Accademici Andrea DI GIULIO e Roberto ROMANI
– Lettura da definire

Il Presidente sollecita l'Assemblea a rendersi disponibili per l'organizzazione di Tavole Rotonde su tematiche specifiche e di interesse alla comunità Entomologica per l'A.A. 2022.

Al momento è stata data disponiblità da parte di:
– L'Accademico Franco MASON coordinerà una Tavola Rotonda su "*Conservazione e monitoraggio degli insetti saproxilici*"
– L'Accademico Antonio CARAPELLI coordinerà una Tavola Rotonda sugli artropodi degli ambienti estremi (titolo da definire)

Interviene l'Accademico Pio Federico ROVERSI offrendosi di coordinare una Tavola Rotonda sulla nuova normativa in discussione al Ministero in ambito della lotta biologica. Il Presidente, sottolineando l'importanza e l'attualità della tematica consiglia, di trattarla nell'ambito del Congresso di Entomologia di giugno piuttosto che aspettare il 2022. L'Accademico Pio Federico ROVERSI accoglie il suggerimento.

8) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 9:55

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO
Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

SEDUTA PUBBLICA

Alle ore 10:00 il Presidente Francesco PENNACCHIO dichiara aperta la Seduta Pubblica.
Oltre agli Accademici presenti all'Assemblea Plenaria partecipano anche altri numerosi studiosi ospiti dell'Accademia.

Il Presidente dà la parola all'Accademico Sauro SIMONI per la lettura dal titolo: "Acari delle colture: alcune criticità e prospettive di studio". Segue una breve discussione con alcuni interventi, al termine della quale il Presidente ringrazia il relatore e coloro che sono intervenuti.

Il Presidente dà successivamente la parola all'Accademico Giorgio NUZZACI per la commemorazione dell'Accademico Raffaele MONACO.

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO
Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

ASSEMBLEA ORDINARIA
Presiede il Presidente Prof. Francesco PENNACCHIO
Segretario verbalizzante: la Segretaria Prof.ssa Rita CERVO

Sabato 21 novembre 2020 alle ore 11:00, su piattaforma ZOOM, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria.

Sono presenti gli Accademici:
Seniores: E. BALLETTO, P. CRAVEDI, R. DALLAI, G. GASPERI, B. GIORDANA, M. MAROLI, L. MASUTTI, G. NUZZACI, S. RAGUSA DI CHIARA, L. SANTINI, L. SUSS; *Ordinari:* A. ALMA, P. AUDISIO, A. BALLERIO, A. BATTISTI, A. BINAZZI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA R. CERVO, S. COLAZZA, E. DE LILLO, A. DI PALMA, A. M. FAUSTO, I. FLORIS, F. FRATI,G. GARGIULO, S. LONGO, S. MAINI, B. MASSA, A. MINELLI, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici: *Seniores:* S. Barbagallo, M. Cobolli, V. Sbordoni; *Ordinari:* A. Casale, P. Luciano.

Viene discusso il seguente Ordine del Giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

Viene esaminato il verbale dell'Assemblea Ordinaria del 12 giugno 2020, già inviato a suo tempo per posta elettronica a domicilio degli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

– Il Fondo Inalienabile dell'Accademia (50.000 euro), dopo i ritardi dovuti alle restrizioni imposte dalla pandemia di Covid-19, è stato reinvestito per 2 anni in titoli a basso rischio, così come previsto dal nostro statuto.

3) Esame e approvazione del Bilancio preventivo a.f. 2021

Prende la parola l'Accademico Roberto Nannelli, in qualità di Tesoriere dell'Accademia, illustrando il bilancio di previsione per l'a.f. 2021

4) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Ordinari

A norma dello Statuto (art. 4 e 6) e del Regolamento (art. 6 e 7), a fronte di 6 posti disponibili per Accademico Ordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2020 le seguenti due proposte per nuovo Accademico Ordinario da votare nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2020:

– Domenico Bosco presentato dagli Accademici Alberto Alma, Andrea Battisti e Agatino Russo.
  Il Presidente verificata, come disposto dall'art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.
  Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Domenico Bosco. Come previsto dall'art. 4.9 l'Accademico, Alberto Alma illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.
  Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Domenico Bosco eletto e da proporre, a norma dell'art. 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni Culturali e Ambientali per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte del Presidente della Repubblica.

– Giacinto Salvatore Germinara presentato dagli Accademici Giuseppe Rotundo, Stefano Turillazzi e Pio Federico Roversi.
  Il Presidente verificata, come disposto dall'art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.
  Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Giacinto Salvatore Germinara. Come previsto dall'art. 4.9 l'Accademico, Pio Federico Roversi illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.
  Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Giacinto Salvatore Germinara eletto e da proporre, a norma dell'art. 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni Culturali e Ambientali per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte del Presidente della Repubblica.

5) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Straordinari

A norma dello Statuto (art.4 e 6) e del Regolamento (art. 6 e 7), a fronte di 14 posti disponibili per Accademico Straordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2020 le seguenti 6 proposte per nuovi Accademici Straordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2020:

– Prof. Gianfranco Anfora presentato dagli Accademici Giuseppe Rotundo, Enrico de Lillo e Stefano Colazza
– Prof. Antonio Carapelli presentato dagli Accademici Romano Dallai, Francesco Frati e Massimo Mazzini
– Prof. Morena Casartelli presentata dagli Accademici Barbara Giordana, Giuliano Gasperi e Andrea Battisti
– Prof. Donato Antonio Grasso presentato dagli Accademici Stefano Turillazzi, Francesco Nazzi e Ignazio Floris
– Prof. Massimo Faccoli presentato dagli Accademici Andrea Battisti, Alberto Alma e Pio Federico Roversi
– Dr. Giuseppino Sabbatini presentato dagli Accademici Andrea Battisti, Romano Dallai e Pio Federico Roversi

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

a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Gianfranco Anfora. Come previsto dall'art. 4.9, l'Accademico Stefano Colazza illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Gianfranco Anfora Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.
b) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Antonio Carapelli. Come previsto dall'art. 4.9, l'Accademico Francesco Frati illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Antonio Carapelli Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.
c) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura della Prof. Morena Casartelli. Come previsto dall'art. 4.9, l'Accademica Barbara Giordana illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Morena Casartelli Accademica Straordinaria dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.
d) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Donato Antonio Grasso. Come previsto dall'art. 4.9, l'Accademico Stefano Turillazzi illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Donato Antonio Grasso Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.
e) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Massimo Faccoli. Come previsto dall'art. 4.9, l'Accademico Andrea Battisti illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Massimo Faccoli Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.
f) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Dr. Giuseppino Sabbatini. Come previsto dall'art. 4.9 l'Accademico Pio Federico Roversi illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Giuseppino Sabbatini Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2020-2023.

6) Votazione per l'elezione dei nuovi Accademici Onorari

A norma dello Statuto (art. 4 e 6) e del Regolamento (art. 6 e 7), a fronte di 7 posti disponibili per Accademico Onorario, sono pervenute entro il 30 aprile 2020 le seguenti proposte per

nuovo Accademico Onorario per essere votata nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2020:

– Andrea CRISANTI presentato dagli Accademici Barbara GIORDANA, Giuliano GASPERI e Andrea BATTISTI.
  Il Presidente verificata, come disposto dall'art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.
  Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Andrea CRISANTI.
  Come previsto dall'art. 4.9 l'Accademico, Giuliano GASPERI illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.
  Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Andrea CRISANTI eletto e da proporre, a norma dell'art. 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni Culturali e Ambientali per la nomina ad Accademico Onorario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte del Presidente della Repubblica.
– Gennaro VIGGIANI presentato dagli Accademici Barbara GIORDANA, Romano DALLAI, e Giuseppe Rotundo
  Il Presidente verificata, come disposto dall'art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.
  Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura del Prof. Gennaro VIGGIANI.
  Come previsto dall'art. 4.9 l'Accademico, Romano DALLAI illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.
  Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Gennaro VIGGIANI eletto e da proporre, a norma dell'art. 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni Culturali e Ambientali per la nomina ad Accademico Onorario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte del Presidente della Repubblica.

7) Votazione per la conferma degli Accademici Straordinari in scadenza

A norma dello Statuto (art. 4 e 6) e del Regolamento (art. 6 e 7), viene sottoposta all'Assemblea la votazione per la conferma dei seguenti Accademici Straordinari in scadenza (da quinquennio secondo il precedente Statuto o da triennio secondo l'attuale Statuto dell'Accademia). Ciascuno dei sottocitati Accademici, che ha maturato il periodo di conferma, ha fatto pervenire al Consiglio di Presidenza una dichiarazione personale dell'interesse a continuare a far parte dell'Accademia, dei contributi forniti alle attività della medesima durante il periodo in cui ha ricoperto il ruolo di Accademico straordinario, nonché eventuali proposte di contributi per il futuro. Il Presidente verificata, come disposto dall'art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l'Assemblea.

– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Claudio BANDI. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Massimo CRISTOFARO. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Maria Cristina DIGILIO. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente la conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Carlo DUSO. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Antonio Pietro GARONNA. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario Andrea LUCCHI. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
– Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferna dell'Accademico Straordinario

Roberto Antonio PANTALEONI. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.

8) Varie ed eventuali

Nessuna

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

Il Segretario verbalizzante — Rita CERVO

Il Presidente — Francesco PENNACCHIO

30 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 31-40

CARLO RICCI
(1946-2018)

ROBERTO ROMANI[a] - ERIC CONTI[a]

[a]*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia*
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2020

Il Prof. Carlo Ricci nasce il 19 agosto 1946 a Marsciano (PG), all'epoca un piccolo borgo della campagna perugina. Come ricordato con fierezza da Carlo stesso, trascorre la sua infanzia da figlio unico nel contesto di una famiglia di estrazione contadina. Anche se l'ambiente e la vita dei suoi primi anni coincidono con un periodo di grande asprezza, dovuto soprattutto al momento storico che tutta l'Italia del secondo dopoguerra si trova a dovere affrontare, la sua infanzia è da lui ricordata come un periodo giocoso e spensierato, inframezzato da esperienze che all'epoca erano appannaggio di poche persone. Tra queste ci sono le vacanze al mare o le ore trascorse ad ascoltare lo zio che parla in latino. In effetti, Carlo ha la fortuna di avere due zii, uno da parte del padre, sacerdote, e l'altro da parte della madre, benestante, che si rendono ben presto conto della necessità di indirizzare il nipote allo studio. Per poterlo aiutare lo zio materno lo segue in tutto il suo percorso e si affianca a volte all'attività genitoriale. Questa attenzione e questa importante opportunità che gli si presenta faranno germogliare in Carlo un profondo senso di stima, affetto e riconoscenza nei confronti di entrambi gli zii.

La passione per i fenomeni della natura si origina e trae spunto dalle stesse origini di Carlo e dal contesto che lo ha visto nascere e crescere. Uno dei momenti segnanti è sicuramente rappresentato dalla scelta della Scuola Superiore, indirizzata verso l'Istituto Tecnico Agrario "A. Ciuffelli" di Todi (PG), un'istituzione storica (si tratta della scuola di agricoltura più antica d'Italia, fondata nel lontano 1863) di rilevante spessore formativo. La vita presso l'Istituto Agrario di Todi è ricordata da Carlo come un crogiolo pieno di eventi per lui molto importanti: la nascita della passione per le Scienze Agrarie e per l'Entomologia, l'avvio di amicizie sincere e durature, la formazione della sua personalità. Alcuni suoi compagni di studi e il suo insegnante di Entomologia, ancora in vita, descrivono lo studente Carlo come una mente aperta e curiosa, un "bravo allievo", ma che, come altri suoi compagni di collegio, stenta ad adattarsi alle ferree regole dell'Istituto, imposte anche al di là dei momenti di studio.

Parallelamente alla vita presso l'Istituto Agrario, Carlo ha il privilegio di seguire insieme al padre il lavoro dello zio, maturando un senso di concretezza e attenzione. Finiti gli studi presso l'Istituto Agrario di Todi, presso il quale si diploma nel 1965, Carlo trova la loro naturale continuità nell'opportunità di iscriversi al corso di laurea in Scienze Agrarie presso l'Università degli Studi di Perugia, cogliendo un'opportunità per innalzare il proprio livello culturale e le proprie aspettative professionali, occasione che all'epoca non tutti potevano avere. La passione per le Scienze Agrarie in generale e per l'Entomologia in particolare trova in questa sede un ampio sviluppo e coinvolgimento, propedeutici al futuro ruolo che Carlo andrà a ricoprire. Uno dei suoi più bei ricordi come studente della Facoltà Agraria di Perugia riguarda la possibilità di risiedere per un lungo periodo presso l'Azienda della Fondazione per l'Istruzione Agraria. Durante questo periodo di tirocinio, gli studenti erano soliti partecipare attivamente alla gestione dell'azienda agraria e zootecnica della Fondazione, potendone valutare tutte le problematiche. Questa esperienza è spesso ricordata da Carlo come un'occasione non solo di apprendimento e preparazione alla professione di Agronomo ma anche di rafforzamento delle proprie predisposizioni, che avrebbero determinato le scelte future.

Negli ultimi anni da studente Carlo frequenta con passione e dedizione l'allora Istituto di Entomologia Agraria, diretto dal Prof. Elio Lucchese che diventa anche il suo riferimento per la stesura della tesi di Laurea su "Osservazioni sul Lepidottero Nottuide *Scotia ipsilon*". Con la morte del Prof. Lucchese, nel 1973, è il Prof. Giorgio Fiori a sostituirlo come relatore della tesi di laurea di Carlo. Il Prof. Fiori avrà un ruolo determinante nella sua futura vita professionale: da eminente studioso ed esperto di Coleotteri, sarà lui ad avvicinare il giovane Carlo allo studio di una famiglia in particolare, quella dei Coccinellidi, che costituirà un elemento distintivo della sua attività di

– Pubblicato marzo 2021

ricerca per tutto il successivo percorso formativo e accademico, fino al pensionamento.

Subito dopo la laurea, Carlo trascorre un periodo di circa 24 mesi presso il Centro Comune di Ricerca di Ispra (VA), sotto la supervisione del Prof. Raffaele Cavalloro, portando avanti una collaborazione tra questa istituzione e l'Istituto di Entomologia di Perugia sulla messa a punto di strategie di controllo per la lotta alla mosca delle olive, *Bactrocera oleae*. Nel 1976 fa ritorno a Perugia e qui continua le sue ricerche incentrate sugli studi bioecologici dei Ditteri Tefritidi, in particolare di *B. oleae*, e partecipando attivamente come ricercatore al Progetto finalizzato CNR Fitofarmaci e Fitoregolatori - Sottoprogetto n. 2 "Mosche olivo, frutta, ciliegie". In questa fase lavora a stretto contatto con il Prof. Giorgio Fiori, che per i due giovani collaboratori Carlo Ricci e Claudio Pucci rappresenta una figura di riferimento e un vero e proprio mentore.

A questo periodo sono riferibili anche delle importanti missioni estere, che prevedono il pieno coinvolgimento del personale dell'allora Istituto di Entomologia, diretto dallo stesso Prof. Fiori e che presenta tra le sue nuove leve anche un giovane Nando Bin. Le attività di ricerca svolte sui Ditteri Tefritidi portano, tra l'altro, all'organizzazione di due convegni nazionali (nel 1979 e nel 1982), coordinati dal Prof. Fiori e ai quali Carlo partecipa come membro del comitato organizzatore e scientifico. Questo periodo è di grande rilevo in quanto Carlo stabilisce un'importante collaborazione con il Prof. Ivo Odek, uno dei massimi esperti di coccinellidi a livello mondiale. Il Prof. Odek trascorre dei lunghi periodi in Italia, e ha occasione di soggiornare

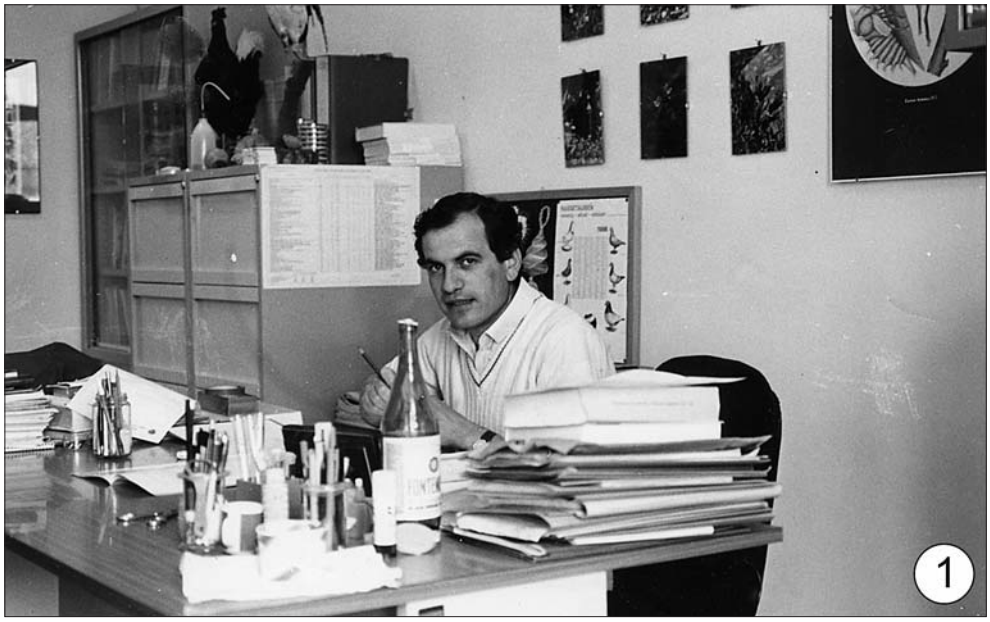

Fig. 1 – Un giovane Carlo Ricci ritratto nel suo studio presso l'ex Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Perugia (1984).

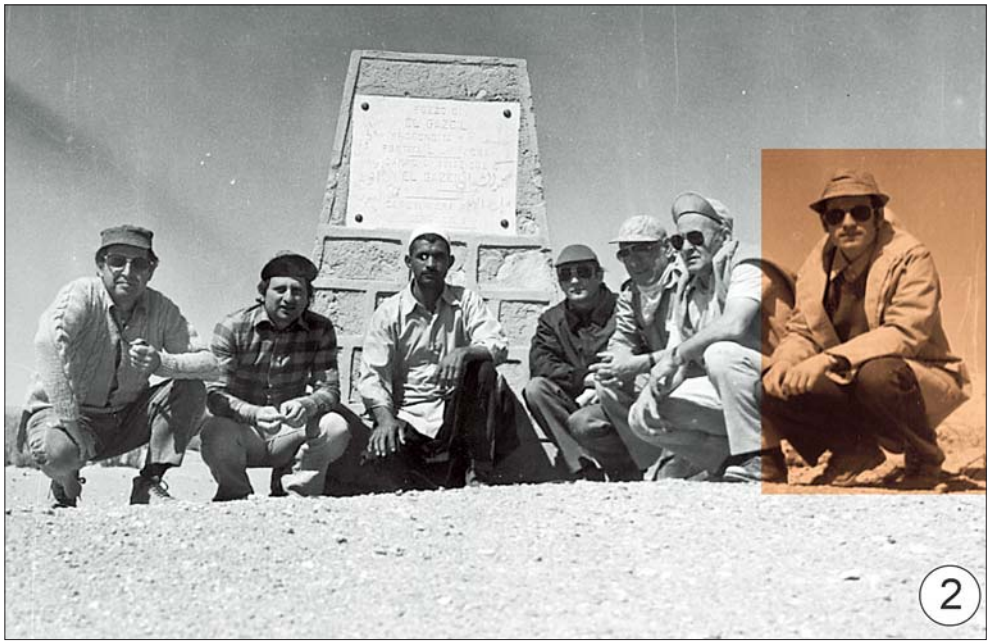

Fig. 2. – Il gruppo di entomologi perugini durante una delle missioni in Africa. Carlo è l'ultimo a destra (riquadro colorato). Si riconoscono il prof. Giorgio Fiori (il primo a sinistra), al suo fianco il Prof. Claudio Pucci, Ferdinando Bin (quarto da sinistra).

anche presso l'abitazione dello stesso Carlo, in un periodo storico di grandi sconvolgimenti politici per la ex Cecoslovacchia. Tra i due si stabilisce nel tempo un legame che va oltre la mera passione entomologica e condivisione di un interesse comune per i Coccinellidi, ma sfocia in una sincera e duratura amicizia. Carlo trascorre alcuni mesi presso l'Institute of Entomology, Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, in České Budějovice, dove si avvia un proficuo scambio di conoscenze sulla biologia ed ecologia dei Coccinellidi. Nel 1984 partecipa alla seconda edizione del Simposio internazionale "Ecology of Aphidophaga" che ha luogo dopo ben 19 anni dalla sua prima edizione del 1965. Anche questo secondo simposio si tiene in ex Cecoslovacchia, con una nutrita partecipazione di studiosi da 22 diversi paesi, e con Carlo unico esponente per l'Italia. La presenza di Carlo anche alle successive edizioni di Aphidophaga diventerà una costante, in linea con il suo crescente interesse per i Coccinellidi predatori. Sono di questo periodo gli studi di carattere morfo-funzionale, volti ad approfondire le relazioni tra adattamenti morfologici delle appendici boccali e regime dietetico in alcune specie di coccinelle afidifaghe e coccidifaghe.

Accanto all'attività di ricerca, Carlo è coinvolto nelle attività didattiche della Facoltà di Agraria di Perugia, dove nel periodo 1980-1987 tiene il corso di Entomologia Agraria, mentre parallelamente svolge attività didattica integrativa presso la sede distaccata di Ascoli Piceno. Dopo la morte del Prof. Fiori, avvenuta nel 1983, l'Istituto di Entomologia Agraria di Perugia accoglie il Prof. Mario Solinas, che ne diventa Direttore. In quegli anni anche la vita privata di Carlo subisce una svolta importante, grazie alla costruzione del suo nucleo familiare insieme alla moglie, Nadia, con la quale condividerà 37 anni di vita, di ideali e di esperienze. Nel 1983 nasce sua figlia Anna, che fin da subito (come ricorda lei stessa) viene introdotta alle meraviglie della natura. Non c'è occasione infatti in cui Carlo non trasformi un qualunque momento di svago in una lezione di scienze per la piccola Anna, in un momento di apprendimento e di soddisfacimento anche della più piccola curiosità.

Nel 1987 Carlo assume il ruolo di Professore Associato per il settore scientifico disciplinare AGR/11 (Entomologia generale e applicata) presso la Facoltà di Agraria dell'Università degli studi di Perugia, ruolo che rivestirà fino al 2002. Nel 1988 partecipa attivamente ai lavori della comunità scientifica nazionale, partecipando al XV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia tenutosi a L'Aquila, e della comunità internazionale, partecipando al XVIII International Congress of Entomology, tenutosi a Vancouver (Canada). Gli anni '90 sono caratterizzati da un crescente impegno didattico e dalla partecipazione al Collegio dei Docenti del Dottorato di Entomologia Agraria, coordinato dal Prof. Solinas e avente Perugia come sede amministrativa. Partecipa inoltre al XIX International Congress of Entomology tenutosi a Beijing (Cina) nel 1992. Nel 1994 partecipa alla stesura del libro "L'Ifantria in Italia" che vede la partecipazione di altri numerosi esperti. Nel 1995 la famiglia di Carlo si allarga con la nascita del secondo figlio, Leonardo, che gli dona altri grandi momenti di gioia.

Con l'avvento del nuovo millennio Carlo si trova a dare una svolta importante alla sua carriera accademica. Nel 2002 infatti è nominato Professore Straordinario di Entomologia agraria presso la Facoltà di Agraria

Fig. 3 – Partecipazione ad Aphidophaga 2, Zvíkovské Podhradí, Ex Cecoslovacchia (1984).

Fig.4 – Uscita didattica con gli studenti della Facoltà di Agraria di Perugia al Terminillo (RI) (1994). Carlo è riconoscibile a sinistra.

di Perugia, per essere poi confermato come Professore Ordinario nel 2005. Dai primi anni del 2000 al suo pensionamento, nel 2016, si trova impegnato in numerosi insegnamenti, tra i quali l'Entomologia agraria, l'Acarologia agraria, la Difesa delle colture, la Difesa della vite, la Difesa del verde ornamentale, i Mezzi di difesa biologici e la Gestione integrata degli insetti. Ovviamente, la passione di Carlo Ricci per lo studio dei coccinellidi rimane viva anche in questi anni, con indagini in laboratorio e soprattutto in campo. Nel 2000 partecipa al XXI International Congress of Entomology - Iguassu (Brasile) con una interessante relazione sulla morfologia degli apparati boccali dei Coleotteri Coccinellidi in relazione alle loro abitudini alimentari. Nel 2002 porta diversi contributi al XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, a Catania, su tematiche relative alla biologia e all'ecologia dei coccinellidi, ma anche su altri argomenti. È infatti in questo periodo che Carlo inizia ad interessarsi all'agroecologia, alla quale si dedicherà insieme ad altri colleghi per alcuni anni. Nel settembre del 2004 partecipa al 9th International Symposium Ecology of Aphidophaga, nella repubblica Ceca. Ha così l'occasione di incontrare nuovamente il suo collega e amico Ivo Hodek. In questa occasione, Carlo presenta due lavori sull'ecologia dei coccinellidi ed è coautore di uno studio morfologico sulla presenza di ghiandole a feromone in alcune specie di questa importante famiglia di predatori. Nell'anno successivo è impegnato, assieme agli altri entomologi di Perugia, nell'organizzazione del XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, svoltosi ad Assisi (Perugia), il 13-18 giugno del 2005. In questa circostanza Carlo presenta quattro contributi, personalmente o in collaborazione con i colleghi.

Molte delle ricerche svolte da Carlo, spesso in collaborazione con altri studiosi anche stranieri durante il primo decennio del 2000, arrivano a compimento e vengono pubblicate. Gli articoli che vedono la luce su diverse riviste scientifiche di livello internazionale coprono diverse tematiche, che vanno dal comportamento migratorio e alimentare dei Coleotteri Coccinellidi in condizioni di campo, alla biologia degli stessi in condizioni di laboratorio, dagli studi sugli effetti del fungo entomopatogeno *Hesperomyces virescens* su coccinellidi, alle indagini in campo sul coccinellide esotico *Harmonia axyridis*.

Nel 2010, su invito dell'IOBC, Carlo si assume il compito di organizzare (con i colleghi J.P. Michaud, K. Giles e N. Kavallieratos) l'11° Simposio Internazionale "Ecology of Aphidophaga", che si tiene a Perugia dal 19 al 24 settembre di quell'anno. Partecipano al Congresso 120 ricercatori provenienti da 35 nazioni di tutto il mondo. Il simposio è patrocinato dall'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Ricordiamo ancor oggi l'energia e la determinazione con la quale Carlo si dedica all'organizzazione del congresso e delle sessioni scientifiche, e al reperimento dei fondi. Ma anche in quest'occasione così impegnativa non si limita all'organizzazione e vuole partecipare personalmente con una presentazione e altri tre contributi in collaborazione. Compaiono in questa circostanza i primi risultati sugli studi relativi alla valutazione del rischio *non-target* nei coccinellidi.

In questi anni iniziano anche le ricerche di Carlo sulla biologia e sul controllo biologico del Cinipide del castagno, *Dryocosmus kuriphilus*, con numerosi progetti di ricerca, finanziati da enti pubblici e privati, che si protraggono per diversi anni fino al pensionamento. I principali obiettivi del progetto sono la valutazione

Fig. 5 – Organizzazione di Aphidophaga 11, Perugia (2010).

in Umbria e in altre zone del centro Italia del controllo fortuito esercitato da parassitoidi indigeni e l'esecuzione di lanci (inoculativi e inondativi) del parassitoide *Torymus sinensis*, condotti in collaborazione con la Regione Umbria dal 2011 fino al 2015. I risultati di questo notevole sforzo di controllo biologico classico sono molto positivi. Nel 2018 le percentuali di attacco del cinipide in Umbria variano dallo 0 al 15%, mentre la parassitizzazione ad opera di *Torymus sinensis* è del 50-100%. Grazie a questi risultati negli anni successivi si assiste ad un importante incremento della produzione castanicola umbra. È qui opportuno evidenziare che per la realizzazione di questo progetto è stata determinante la collaborazione del collega Prof. Alberto Alma, il quale ha avviato il piano di CB del Cinipide a livello nazionale e ha fornito inizialmente il *Torymus sinensis*. Dalle ricerche su *Dryocosmus kuriphilus* sono scaturite diverse pubblicazioni, che riguardano ad esempio: l'interazione del cinipide con la pianta e la differenziazione cellulare che porta alla formazione della galla nel castagno; l'interazione con funghi del genere *Fusarium*; studi bioetologici e morfologici sul cinipide; studi sugli andamenti stagionali del cinipide, dei parassitoidi indigeni e del *Torymus sinensis*.

Come già accennato, l'interesse mostrato da Carlo verso le specie invasive si riflette sugli stessi coccinellidi predatori e sulla valutazione del rischio conseguente alla loro introduzione. Inoltre, negli ultimi anni della sua carriera universitaria egli mostra una crescente attenzione per le metodologie di analisi del contenuto intestinale dei coccinellidi, utilizzando anche tecniche molecolari, in collaborazione con i colleghi del suo Dipartimento e del Department of Entomology, della University of Kentucky. Da queste collaborazioni scaturiscono diversi lavori sulla *intraguild predation*, basati su studi comportamentali e molecolari.

Conoscendo la grande varietà di interessi mostrata da Carlo, e il suo amore per gli animali in genere, non possiamo certo pensare che nell'arco della sua vita si sia limitato a studiare solamente gli insetti. Infatti, un'altra sua grande passione era l'ornitologia. Possedeva alcune importanti collezioni, con specie e razze diverse di colombi e altri volatili che allevava personalmente, tra le quali la più importante collezione italiana del Gozzutto di Brno, riconosciutagli per oltre 20 anni in occasione delle gare nazionali organizzate dall'Associazione Colombofila Italiana.

L'impegno universitario del Prof. Carlo Ricci è sempre stato caratterizzato da una grande dedizione, che potremmo definire totalizzante, sia verso la didattica, sia verso gli obblighi accademici. Il suo impegno includeva anche l'essere sempre disponibile nei confronti di chiunque avesse necessità di un parere, di una diagnosi su campioni di piante o frutti, non lesinando suggerimenti sulle modalità di controllo della specie identificata, anche al costo di dedicarvi intere ore. Questa grande dedizione accompagnava la figura di Carlo anche a casa e, ovviamente, si ripercuoteva a livello familiare. Infatti, la sua vita professionale si affiancava sempre, immancabilmente, a quella privata. Così noi colleghi lo ricordiamo, e così ce lo descrivono i suoi cari. Essi rammentano nel padre e nel marito una figura amorevole e premurosa, che ha sempre dato grande peso alle passioni, sia nella vita privata sia in quella lavorativa.

Carlo si ritira in pensione nel 2016 e può finalmente

dedicare gran parte del suo tempo alla famiglia e alle tante attività. È un nonno affettuoso, e ha la fortuna di esserlo per ben due volte, con la nascita di Giulia prima, e Lorenzo poi, che ovviamente lo riempiono di gioia. Purtroppo, questa tranquillità dura troppo poco. La malattia lo coglie all'improvviso. Ai figli, lascia, come insegnamento, la consapevolezza che occorre sempre seguire le proprie passioni. A noi, ex studenti della Facoltà di Agraria di Perugia e successivamente suoi colleghi, lascia la sua immagine nell'immancabile camice bianco, alle prese con le sue amate coccinelle o avvolto da un nugolo di studenti "poco più che matricole", chino sullo stereomicroscopio, a descrivere le meraviglie del mondo degli insetti.

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI

1. RICCI C. 1976 - Presenza in Umbria e Toscana centro meridionale ed attuale geonemia della *Ceresa bubalus* (F) (*Hom. Membracidae*). Note ed appunti sperimentali di Entomologia agraria, Fasc. XV: 67-80.
2. ZANGHERI S., CAVALLORO R., DELRIO G., GIROLAMI V., PROTA R., RICCI C. 1976 - Osservazioni sul *Dacus oleae* Gmelin in varie regioni italiane, nell'ambito di un programma coordinato. Atti XI Congr. Naz. Ital. Entol. Portici, Sorrento: 429-436.
3. RICCI C., CECCARELLI S. 1978 - Adult captures of *Dacus oleae* Gmel. by prokoboll traps in Umbria. Reunion Conjoint des groupes de travail OILB, Sassari, 15-20 maggio: 132-135.
4. RICCI C., PUCCI C., BALLATORI E., FORCINA A. 1979 - Alcuni aspetti della dinamica della popolazione di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) e analisi della relazione tra infestazione e catture con cartelle cromotropiche. Notiz. Mal. Piante, n.100 (III Serie , n. 26): 261-281.
5. RICCI C. 1979 - L'apparato boccale pungente succhiante della larva di *Platynaspis luteorubra* Goeze (Col. Coccinellidae); 1° contributo alla conoscenza dei Coleotteri Coccinellidi. Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 36: 179-198.
6. RICCI C., CECCARELLI S. 1979 - Observations sur les captures du *Dacus oleae* Gmel. par des piéges chromotropiques "Prokoboll" en Ombrie. Redia, Vol. LXII: 17-33.
7. FIORI G., PUCCI C., RICCI C. 1980 - Definizione della soglia economica per interventi contro gli stadi preimmaginali di *Dacus oleae* (Gmel.) in Umbria. La Difesa delle Piante, 4: 249-256.

Figg. 6-8 – Momenti di vita familiare: 6) Carlo con la moglie Nadia; 7) con i figli Anna (a destra) e Leonardo; 8) con il nipotino Lorenzo.

8. BALLATORI E., PUCCI C., RICCI C. 1980 - Relation entre l'infestation des olives et le captures d'adultes de *Dacus oleae* (Gmel.) par pièges chromotropiques. Redia LXIII: 417-439.
9. BAGNOLI B., BELCARI A., GHILARDI G., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. 1981 - Osservazioni sulle catture di femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) a mezzo di cartelle cromotropiche e sull'andamento dell'infestazione. . Réunion de Groupe d'Expert CEE, Etat d'avancement des travaux et echancges d'informations sur les problemes poses par la lutte integree en oleiculture. Antibes 4-6 Novembre: 34-45.
10. RICCI C., FORCINA A., PITZALIS M., BOZZA P. 1981 - Ritmo di fuoriuscita delle larve mature di *Dacus oleae* (Gmel.) dalle olive. Réunion de Groupe d'Expert CEE, Etat d'avancement des travaux et echange d'informations sur les problemes poses par la lutte integree en oleiculture. Antibes, 4-6 novembre 1981: 14-21.
11. BALLATORI E., RICCI C., TRIMBELLI D. 1982 - Analisi della variabilità del numero delle uova contenute negli ovari e nelle vie genitali delle femmine di *Dacus oleae* (Gmel.). Frustula Ent. Vol. IV: 133-142.
12. RICCI C., BALLATORI E. 1982 - Dinamica di popolazione degli adulti di *Dacus oleae* (Gmel.). Frustula Ent. Vol. IV: 45-75.
13. PUCCI C., RICCI C., BOZZA P., TIRIMBELLI D., FORCINA A., AMBROSI G., QUAGLIA F., RASPI A., BELCARI A., PAPARATTI B., BAGNOLI B., NICCOLI A. 1982 - Effetto dell'infestazione dacica sulla resa e sulle caratteristiche qualitative dell'olio. Ricerche condotte nel 1979 nella Toscana centro-meridionale. Frustula Ent. Vol. II: 183-195.
14. BAGNOLI B., BELCARI A., GHILARDI G., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. 1982 - Osservazioni sulle catture di femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) a mezzo di cartelle cromotropiche e sull'andamento dell'infestazione. Annali Ist. Sper. Zool. Agr. Firenze, Vol. VII: 93-103.
15. FIORI G., RICCI C., BALLATORI E. 1982 - Preliminary evaluation of the use of combined "Prokoboll" sex pheromone trap for *Dacus oleae* (Gmel.). CEC/IOBC Symposium. Athens, November 1982: 473-482.
16. RICCI C., FORCINA A. and M. PITZALIS 1982 - Ritmo di fuoriuscita delle larve mature di *Dacus oleae* (Gmel.) dalle olive. Frustula Ent. Vol. IV: 157-180.
17. RICCI C., PUCCI C., E. BALLATORI 1982 - Su alcuni aspetti eco-etologici riguardanti le femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) catturate con cartelle "Prokoboll". Frustula Ent. Vol. IV: 99-108.
18. BAGNOLI B., BELCARI A., NICCOLI A. PUCCI C., QUAGLIA F. RICCI C., SALVI F. 1982 - Sulla convenienza economica di trattamenti diretti contro gli stadi preimmaginali del *Dacus oleae* (Gmelin). Redia Vol. LXV: 425-436.
19. RICCI C. 1982 -Sulla costituzione e funzione delle mandibole delle larve di *Tytthaspis sedecimpunctata* (L) e *Tytthaspis trilineata* (Weise). Frustula Ent., Vol III: 205-212.
20. PATTI I., RICCI C. 1982 - Sulla presenza in Italia di *Nearctaphis bakeri* (Cow.), afide neartico dannoso al trifoglio. Frustula Ent. Vol. II: 125-131.
21. BAGNOLI B., BALLATORI E. BELCARI A., NICCOLI A., PUCCI C., QUAGLIA F., RICCI C. 1983 -Analisi delle catture di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) effettuate con trappole cromotropiche. Redia Vol. LXVI: 645-660.
22. RICCI C., FIORI G., BALLATORI E. 1983 - Analisi della relazione tra infestazione delle olive e catture di adulti di *Dacus oleae* (Gmel.) con trappole cromotropiche combinate con feromone sessuale. Atti XIII Congr. Naz. Ital. Ent. Sestriere, Torino, 27 Giugno -1 Luglio 1983: 645-651.
23. RICCI C., PUCCI C., BAGNOLI B., BALLATORI E., BELCARI A., NICCOLI A., QUAGLIA F. 1983 - Catture di femmine di *Dacus oleae* (Gmel.) con trappole cromotropiche e infestazione delle olive. Redia, Vol. LXVI: 661-682.
24. PUCCI C., RICCI C., BAGNOLI B., BELCARI A., CICCHITELLI G., MONTANARI G.E., NICCOLI A. and F. QUAGLIA 1983 - Infestazione da *Dacus oleae* (Gmel.) nei diversi settori della chioma e nella cascola. Redia, Vol. LXVI: 315-333.
25. RICCI C., CIRICIOFOLO E. 1983 - Osservazioni sull'*Acanthiophilus helianti* Rossi (Diptera Tephritidae) dannoso al cartamo in Italia centrale. Redia, Vol. LXVI: 315-333.
26. RICCI C., FIORI G., and S. COLAZZA 1983 - Regime alimentare dell'adulto di *Tytthaspis sedecimpumctata* (Coleoptera Coccinellidae) in ambiente a influenza antropica primaria: prato polifita. Atti XIII Congr. Naz. Ital. Ent. Sestriere, Torino, 27 Giugno -1 Luglio 1983: 691-698.
27. RICCI C. 1985 - Osservazioni morfologiche sugli stadi preimmaginali di *Platynaspis luteorubra* (Goeze) (Coleoptera Coccinellidae). Atti XIV Congr. Naz. Ital. Ent., Palermo, Erice, Bagheria 28 Maggio-1° Giugno: 913-914,
28. RICCI C. 1986 - Seasonal food preferences and behaviour of *Rhyzobius litura* (Coleoptera Coccinellidae). Ecology of Aphidophaga. Academia Praga, Dr. W. Junk, Dordrecht: 119-123.
29. RICCI C. 1986 - Habitat distribution and migration to hibernation sites of *Thytthaspis sedecimpunctata* and *Rhyzobius litura* (Coleoptera Coccinellidae) in Central Italy. Ecology of Aphidophaga. Academia Praga, Dr. W. Junk, Dordrecht: 211-216.
30. RICCI C. 1986 - Food strategy of *Thytthaspis sedecimpunctata* (Coleoptera Coccinellidae) in different habitats. Ecology of Aphidophaga. Academia Praga, Dr. W. Junk, Dordrecht: 311316.
31. RICCI C. 1986 - Beneficial Coccinellidae caught in yellow traps in some italian regions. Ecology of Aphidophaga. Academia Praga, Dr. W. Junk, Dordrecht: 441-447.
32. AGARWALA B.K., RICCI C. 1987 - Mouth part structures in relation to food habit of *Micraspis discolor* (F.) (Coleptera: Coccinellidae). Ecology of Aphidophaga. Teresim Poland, 31 Agosto-5 Settembre 1987.
33. RICCI C., STELLA I. 1988 - Relationship between morphology and function in some Paleartic Coccinellidae. Ecology and effectiveness of Aphidophaga, SPB. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands: 21-25.
34. RICCI C., STELLA I., ROSSODIVITA M.E., AGARWALA B.K., CZEPAK C. 1988 - External morphology of Coccinellid (Coleoptera) eggs. Proceedings of the XVIII Inter. Congr. of Entomology. Vancouver, B.C., Canada, July 3-9.
35. RICCI C., STELLA I. 1988 - Etologia comparata di alcune specie di Coccinellidi (Coleoptera) in ecosistemi naturali ed in agroecosistemi. Atti XV Congr. Naz. Ital. di Entom. L'Aquila: 557564.
36. RICCI C., STELLA I. 1988 - *Rodolia cardinalis* Muls. (Coleoptera Coccinellidae): cento anni di studio e d'impiego nel controllo biologico di *Pericerya purchasi* (Mask.) (Rhynchota, Monophlebidae). Atti XV Congr. Naz. Ital. di Entom. L'Aquila: 989-997.
37. RICCI C., STELLA I., VERONESI F. 1988 - Importanza dell'Oidio del frumento (*Oidium moniliodes* Desm.) nella dieta di *Rhyzobius litura* (F.) (Coleoptera Coccinellidae) noto predatore di afidi. Atti XV Congr. Naz. Ital. di Entom. L'Aquila: 999-1006.
38. RICCI C., CAPPELLETTI G. 1989 - Physical interactions between *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera Coccinellidae) and whitefly host plant. "Int. Congr. of Coleopterology". Barcellona (18-23 Settembre 1989): 63.

39. RICCI C., ROSSODIVITA M.E. 1989 -Relationship between mouthparts and feeding habits of some Coccinellid larvae (Coleoptera Coccinellidae). "Int. Congr. of Coleopterology". Barcellona (18-23 Settembre 1989): 61-62.
40. RICCI C. 1989 - Osservazioni bioetologiche su alcuni insetti fitofagi rinvenuti sul cartamo (*Carthamus tinctorius* L.) in Italia centrale. Annali Fac. Agr. Univ. Perugia, Vol XLIII: 1-18.
41. RICCI C., CAPPELLETTI G. 1990 - Relationship between some morphological structures and locomotion of *Clitostethus arcuatus* (Rossi) (Coleoptera Coccinellidae) a whitefly predator. Frustula Entom., nuova serie, Vol. XI (XXIV), 195-202.
42. RICCI C., GARONNA A.P., CAPPELLETTI G., VIGGIANI G. 1991 - Reintroduzione in Italia di *Chilocorus kuwanae* Silv. (Coleoptera Coccinellidae), predatore di Cocciniglie. Atti Convegno Acireale: 113-121.
43. BIN F., COLAZZA S., RICCI C. 1991 - Efficacia e limiti dei parassitoidi oofagi e pupali dell' *Hyphantria cunea* Drury (Lep.: Arctiidae) Atti Convegno Acireale: 95-100.
44. LORENZETTI M.C., PITZALIS M., RICCI C. 1993 - Individuazione di siti potenziali in base alle condizioni climatiche per *Chilocorus kuwanae* Silv. (Coleoptera Coccinellidae), specie reintrodotta in Italia. Atti Convegno Nazionale "Protezione delle Colture" Pescara 7-8 Ottobre 1993: 357-372.
45. BIN F., RICCI C., TIBERI R. 1994 - Insetti predatori e parassitoidi. In: L'Ifantria in Italia. Ed. Edagricole 1994: 105-124.
46. RICCI C., CAPPELLETTI G., PRIMAVERA A. 1994 - Individuazione di Coccinellidi di interesse agrario e forestale con introduzione di specie esotiche. Atti Convegno "Innovazioni e Prospettive nella Difesa Fitosanitaria" Ferrara 24-25/10/1994: 455-459.
47. PRIMAVERA A., RICCI C. 1994 - Note bioetologiche su *Chilocorus kuwanae* Silvestri (Coleoptera: Coccinellidae), predatore di *Unaspis euonymi* (Comstock) (Homoptera: Diaspididae). Atti XVII Congr. Naz. Ital. Entomol., Udine 13-18/06/1994: 609-612.
48. RICCI C., G. CAPPELLETTI 1996 - Conservazione e valorizzazione degli insetti entomofagi negli ecosistemi naturali e urbani. Atti Conv. "La conservazione della biodiversità in Umbria: situazione attuale e prospettiva" Perugia, 28-30/05/1996: 341-342.
49. RICCI C., G. CAPPELLETTI 1996 - Gli Insetti: la massima biodiversità nel Regno Animale. Atti Conv. "La conservazione della biodiversità in Umbria: situazione attuale e prospettiva", Perugia, 28-30/05/1996: 477-492.
50. RICCI C., PRIMAVERA A., CAPPELLETTI G., PITZALIS M., LORENZETTI M.C., FORCINA A., DE LUCA M. 1996 - Riuscita acclimatazine in Italia di *Chilocorus kuwanae* Silv. E di *Cybocephalus nipponicus* Endroy Yonga, predatori di *Unaspis euonymi* Comst. Atti Conv. "La conservazione della biodiversità in Umbria: situazione attuale e prospettiva" Perugia, 28-30/05/1996: 475-476.
51. RICCI C., G. CAPPELLETTI 1997 - Major Pests on Safflower in Italy and their Management. IVth International Safflower Conference, Bari 2-7 June: 323-326.
52. RICCI C., CAPPELLETTI G. 1997 - Conservazione e valorizzazione dei coccinellidi (Coleoptera) nell'ambiente urbano. 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana, Roma, 12 Aprile 1997: 39.
53. RICCI C., PRIMAVERA A., CAPPELLETTI G. 1997 - Predatori di insetti fitomizi in ambienti urbani. 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana, Roma, 12 Aprile 1997: 38.
54. RICCI C., PONTI L., COLCELLI R. 1999 - *Anisolemnia dilatata* a giant chinese Coccinellid: egg defence and egg sibling cannibalism strategies. Aphidophaga VII, Bromont, Canada, 31 Agosto -4 Settembre 1999.
55. RICCI C., PONTI L. 2002 - Mouth parts and the feeding habits of Coccinellids (Coleoptera). XXI Inter. Congr. Of Entom. Foz De Iguassu-Brasil 20-26 August.
56. RICCI C., PONTI L., COLCELLI R. 2002 - Strategie riproduttive e cannibalismo della larva neonata in *Anisolemnia dilatata*, una coccinella cinese gigante. Atti XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania. 10-15 Giugno. (pp. 733-738).
57. RICCI C., PONTI L., CAPPELLETTI G. 2002 - L'apparato boccale di *Arma custos* F. (Rhynchota pentatomidae). XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania. 10-15 Giugno. (Pp. 9). Abstract Book.
58. PONTI L., RICCI C., PIRES A., CATARCI G. 2002 - Aggregazione, migrazione e svernamento di *Coccinella septempunctata* L. e *Semiadalia undecimnotata* (Schr) (Coleoptera Coccinellidae). Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia. 10-15 Giugno 2002. (pp. 739-743).
59. PONTI L., RICCI C., PIRES A., CATARCI C. 2002 - Aggregazione, migrazione e svernamento di *Coccinella septempuctata* e *Semiadalia undecimnotata* (Coleoptera Coccinellidae). XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania. 10-15 Giugno 2002.
60. PONTI L., RICCI C. 2002 - La siepe come elemento di biodiversità funzionale nei vigneti dei colli perugini. Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia. 10-15 Giugno 2002. (pp. 486-492).
61. PONTI L., RICCI C., TORRICELLI R., VERONESI F. 2002 - The ecological role of natural hedges on population dynamics of *Anagrus atomus* in vineyards of Central Italy. Perugia, 15-18 Settembre 2002, Perugia, Pubblicazione edita, 54-55.
62. PONTI L., RICCI C., TORRICELLI R. 2003 - The ecological role of hedges on population dynamics of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) in vineyards of Central Italy. IOBC/WPRS BULLETIN. vol. 26 (4), pp. 117-122 ISSN: 1027-3115.
63. ROMANI R., ISIDORO N., RICCI C. 2004 - Morphological evidence of a putative sex pheromone gland in some Coccinellid species (Coleoptera). International Symposium of Ecology Of Aphidophaga 9 Meeting. Ceske Budejovice, poster.
64. RICCI C., PONTI L., PIRES A. 2004 - Migratory flight and pre-diapause feeding of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera) adult in agricultural and mountain ecosystems of Central Italy. International Symposium of Ecology of Aphidophaga 9 Meeting 6-10 September, Ceske Budejovice (Abstract).
65. RICCI C., PONTI L. 2004 - Seasonal food of *Ceratomegilla notata* Lar. in mountain environment of Northen Italian Alps (Coleoptera). International Symposium of Ecology of Aphidophaga 9 Meeting 6-10 September, Ceske Budejovice (Abstract).
66. ROMANI R., BONOMI A., RICCI C., ISIDORO N. 2005 - Struttura e possibile funzione di ghiandole esocrine associate alle strutture genitali esterne nelle femmine di alcune specie di coccinellidi (Coleoptera). In: XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia -Proceedings. XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Perugia-Assisi. 13-18 giugno 2005. (pp. 54).
67. RICCI C. 2005 - Ecologia ed etologia dei coccinellidi (Coleoptera). In: XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia - Proceedings. XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Perugia-Assisi. 13-18 giugno 2005. (pp. 120).

68. LEOMBRUNI B., SALERNO G., CONTI E., BIN F., RICCI C. 2005 - Bioattività di estratti vegetali su *Nezara viridula* L. e sul suo parassitoide *Trissolcus basalis* Woll. In: XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia - Proceedings. XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Perugia-Assisi. 13-18 giugno 2005. (pp. 223).
69. BARBAGALLO S., RICCI C. 2005 - Risultati faunistici preliminari sugli afidi del territorio umbro-marchigiano (Italia Centro-Orientale). In: XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia -Proceedings. XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Perugia-Assisi. 13-18 giugno 2005. (pp. 81).
70. RICCI C., PONTI L., PIRES A. 2005 - Migratory flight and pre-diapause feeding of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera) adults in agricultural and moutain ecosystem of Central Italy. European Journal of Entomology. vol. 102, pp. 531-538 ISSN: 1210-5759.
71. RICCI C., PONTI L. 2005 - Seasonal food of *Ceratomegilla notata* (Coleoptera: Coccinellidae) in mountain environments in Northern Italian Alps. European Journal of Entomology. vol. 102, pp. 527-530 ISSN: 1210-5759.
72. PONTI L., RICCI C., VERONESI F., TORRICELLI R. 2005 - Natural hedges as an element of functional biodiversity in agroecosystem: the case of Central Italy vinegard. Bulletin Of Insectology. pp. 19-23 ISSN: 1721-8861.
73. RICCI C., PRIMAVERA A., NEGRI V. 2006 - Effects of low temperatures on *Chilocorus kuwanae* (Coleoptera: Coccinellidae) trophic activity. European Journal of Entomology. vol. 103, pp. 547-551 ISSN: 1210-5759.
74. HARWOOD J.D., RICCI C., ROMANI R., PITZ K.M., WEIR A., OBRYCKI J.J. 2006 - Prevalence and association of the laboulbenialean fungus *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales: Laboulbeniaceae) on coccinellid hosts (Coleoptera: Coccinellidae) in Kentucky, USA. European Journal Of Entomology. vol. 103, pp. 799-804 ISSN: 1210-5759.
75. HARWOOD J.D., RICCI C., ROMANI R., OBRYCKI J.J. 2006 - Ladybird killer? - Historic prevalence of a laboulbenialean fungus infecting introduced coccinellids in the United States. Antenna. pp. 74-79 ISSN: 0140-1890.
76. BARBAGALLO S., RICCI C. 2006 - Risultati di una indagine faunistica sugli afidi del territorio umbro-marchigiano (italia centro-orientale). Bollettino Di Zoologia Agraria E Di Bachicoltura. vol. Ser. II, 38 (1), pp. 39-101 ISSN: 0366-2403.
77. ROMANI R., HARWOOD J.D., PITZ K.M., WEIR A., OBRYCKI J.J., RICCI C. 2007 - Diffusione ed associazione del fungo *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales: Laboulbeniaceae) su ospiti coccinellidi (Coleoptera: Coccinellidae) in Kentucky, USA. In: XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia -Proceedings. XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso. 11-16 giugno 2007. (pp. 218).
78. RICCI C. 2007 - Strategie alimentari dei coccinellidi (Coleoptera) negli ecosistemi naturali ed agrari. In: XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia - Proceedings. XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso. 11-16 giugno 2007. (pp. 90).
79. BURGIO G., SANTI F., LANZONI A., MASETTI A., DE LUIGI V., MELANDRI M., REGGIANI A., RICCI C., LOOMAS A.J.M., MAINI S. 2008 - *Harmonia axyridis* recordings in northern Italy. Bulletin Of Insectology. vol. 61 (2), pp. 361-364 ISSN: 1721-8861.
80. RICCI C. 2008 - Le raccolte e gli studi di entomologia agraria. A cura di M. Maovaz, A. Pieretti, B. Romano Scienza e scienziati a Perugia. Le collezioni scientifiche dell'Università degli Studi di Perugia. Centro Espositivo Rocca Paolina, 2 aprile 2008-2 giugno 2008, Perugia, 216-217, SKIRA.
81. ROMANI R., RONDONI G., GRAGNOLI L., SANTINELLI C., PERGOLARI P., ROSSI STACCONI MV., RICCI C. 2010 - Bio-ethological and morphological investigations on *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (in Italian, English abstract). Proceedings of the Italian National Academy of Entomology, 58: 97-104.
82. REALE L., TEDESCHINI E., RONDONI G., RICCI C., BIN F., FRENGUELLI G., FERRANTI F. 2010 -Proliferation and cellular differentiation on gall development in *Castanea sativa* Mill. induced by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (in Italian, English abstract). 105th Congress of the Italian Society of Botany. 25-28 August 2010, Milano, Italy.
83. RONDONI G., RICCI C., ONOFRI A. 2010 - Laboratory interactions between *Harmonia axyridis* and native coccinellids. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 11'. 19-24 September 2010, Perugia, Italy.
84. RICCI C., RONDONI G. 2010 - Mouth-parts and feeding behaviour in coccinellids. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 11'. 19-24 September 2010, Perugia, Italy.
85. CROCI F., BRACALINI M., RONDONI G., RICCI C. 2010 - Chorology of invasive *Harmonia axyridis* (Pallas) in Italy considering the first records from Tuscany. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 11'. 19-24 September 2010, Perugia, Italy.
86. RONDONI G., PAIARDINI S., RICCI C., IELO F., BRACALINI M., CROCI F., ROSSI STACCONI MV. 2010 - Coccinellid eggs: shape and morphological structures. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 11'. 19-24 September 2010, Perugia, Italy.
87. RONDONI G., RICCI C., ONOFRI A. 2010 - Intraguild interactions and contest duration in coccinellids. Proceedings of the 1st Annual Meeting of the PhD Network 'Insect Science', 15-18 November, 2010, Impruneta, Italy.
88. RONDONI G., ROSSI STACCONI M.V., RICCI C., BIN F., ROMANI R., SALERNO G., JANSTA P., CONTI E. 2012 - First records of new host-parasitoid associations for invasive *Dryocosmus kuriphilus* and successful establishment of the parasitoid *Torymus sinensis* in Central Italy. Proceedings of the XXIV International Congress of Entomology, August 19-25, 2012, Daegu, Korea.
89. RONDONI G., ONOFRI A., RICCI C. 2012 - Laboratory studies on intraguild predation and cannibalism among coccinellid larvae (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology, 109: 353-362.
90. RONDONI G., ONOFRI A., RICCI C. 2012 - Differential susceptibility in a specialised aphidophagous ladybird, *Platynaspis luteorubra* (Coleoptera: Coccinellidae), facing intraguild predation by exotic and native generalist predators. Biocontrol Science & Technology, 22: 1334-1350.
91. RONDONI G., COMONT R.F., RICCI C., ROY H.E. 2013 - Parasitisation of Coccinellid species in Oxfordshire and London and first record of a *Harmonia axyridis* -phorid association from Italy. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 12'. 09-13 September 2013, Belgrade, Serbia.
92. RONDONI G., HARWOOD J.D., ATHEY K., RICCI C., OBRYCKI J.J. 2013 - Detection of predation by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) under field condition using polymerase chain reaction. Proceedings of the International Symposium 'Ecology of Aphidophaga 12'. 09-13 September 2013, Belgrade, Serbia.
93. RONDONI G., IELO F., RICCI C., CONTI E. 2014 - Intraguild predation responses in two aphidophagous coccinellids identifies differences among juvenile stages and aphid densities. Insects, 5: 974-983.

94. RONDONI G, ATHEY K, HARWOOD JD, CONTI E, RICCI C, OBRYCKI JJ, 2015 - Development and application of molecular gut-content analysis to detect aphid and coccinellid predation by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Italy. Insect Science, 22: 719-730.
95. PROIETTI P., CONTI E., NASINI L., REGNI L., RICCI C. 2015 - SPECIALE: Mosca delle olive-La nefasta esperienza del 2014, una lezione per il futuro. Notizie Leader, 1: 1-8.
96. TOSI L, BECCARI G, RONDONI G, COVARELLI L, RICCI C, 2015 - Natural occurrence of *Fusarium proliferatum* on chestnut in Italy and its potential entomopathogenicity against the Asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. Journal of Pest Science, 88: 369-381.
97. RONDONI G., IELO F., PETTOROSSI D., CORRADETTI M., CONTI E., RICCI C. 2015 - The state of biological control of the Asian Chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, in Umbria (Central Italy) by exotic and native parasitoids. Proceedings of the 3rd Meeting of the IOBC-WPRS Meeting 'Benefits and risks of exotic biological control agents'. 12-15 Maggio 2015, Bornholm, Danimarca.
98. RONDONI G., IELO F., PETTOROSSI D., SALERNO G., RICCI C., CONTI E. 2015 - Olfactory responses of predatory ladybird beetles to a plant-herbivore complex. Proceedings of the 3rd Meeting of the IOBC-WPRS Meeting 'Benefits and risks of exotic biological control agents'. 12-15 Maggio 2015, Bornholm, Danimarca.
99. PROIETTI P., RONDONI G., SERVILI M., NASINI L., REGNI L., ESPOSTO S., IELO F., CONTI E., RICCI C. 2015 - Controllo integrato della mosca delle olive *Bactrocera oleae* (Gmelin). A cura di Aprol, 1-57.
100. RONDONI G., PROIETTI P., SERVILI M., NASINI L., REGNI L., ESPOSTO S., IELO F., CONTI E., RICCI C. 2015 - La mosca delle olive, *Bactrocera oleae* (Gmelin): Manuale operativo. A cura di Aprol, 1-8.
101. REALE L, TEDESCHINI E, RONDONI G, RICCI C, BIN F, FRENGUELLI G, FERRANTI F, 2016 - Histological investigation on gall development induced by a worldwide invasive pest, *Dryocosmus kuriphilus*, on *Castanea sativa*. Plant Biosystems, 150: 35-42.
102. RONDONI G, IELO F, RICCI C, CONTI E (2017) - Behavioural and physiological responses to prey-related cues reflect higher competitiveness of invasive vs. native ladybirds. Scientific Reports, 7, 3716.
103. RONDONI G, FENJAN S, BERTOLDI V, IELO F, DJELOUAH K, MORETTI C, BUONAURIO R, RICCI C, CONTI E (2018) - Molecular detection of field predation among larvae of two ladybird beetles is partially predicted from laboratory experiments. Scientific Reports, 8:2594.
104. RONDONI G, RICCI C, CONTI E (2019) - Seasonal emergence dynamics of an invasive gall wasp and its associated parasitoids is tracked using an open-source microcontroller-based device. Journal of Pest Science, 92: 361-369.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 41-45

RICORDO DI SERGIO ZANGHERI
(1926-2018)

GIUSEPPINA PELLIZZARI[a]

[a]*Dipartimento Agronomia, Alimenti, Risorse naturali, Animali e Ambiente, Università di Padova*
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2020

Giovedì 12 luglio 2018, in una calda giornata d'estate, a Padova, sua città da ormai 65 anni, si spegneva a 92 anni il Prof. Sergio Zangheri, appena qualche giorno dopo la morte della sua cara moglie Luisa.

Sergio Zangheri era nato il 10 agosto 1926 a Forlì. Era figlio del grande naturalista forlivese Pietro Zangheri. Si muove quindi in un ambiente culturalmente stimolante e infatti, assieme al fratello Vilfredo, fin da giovane aiuta il padre nella sua grande opera di esplorazione naturalistica della Romagna, che sfocerà poi nella creazione del grande museo di Storia Naturale della Romagna, oggi conservato a Verona presso il Museo Civico di Storia Naturale.

Dei due fratelli è Sergio che eredita dal padre la passione per la natura e ne farà una professione universitaria di alto livello nel settore dell'Entomologia.

Sergio Zangheri si laurea in Scienze Agrarie a Bologna nel 1949, presentando una corposa tesi sull'entomofauna della Leguminose da seme, tesi che sarà poi pubblicata e che gli era stata proposta dal Prof. Guido Grandi, allora direttore dell'Istituto di Entomologia Agraria bolognese.

Nel 1950 vince una borsa di studio per la discipline fitopatologiche presso lo stesso Istituto e viene nominato assistente volontario. Continua quindi a frequentare il prestigioso Istituto e inizia a studiare e a pubblicare i suoi primi contributi su fitofagi emergenti, tra cui il ragno rosso, e le tignole della vite, tema quest'ultimo che su cui continuerà a indagare negli anni successivi.

A Bologna, in quel periodo, stringe amicizie, che dureranno nel tempo, con altri giovani entomologi che frequentavano lo stesso Istituto di Entomologia, quali ad es., Egidio Mellini, Rodolfo Zocchi, Giorgio Fiori, Pierino Giunchi, Sergio Foschi.

Nel novembre del 1951 per il giovane assistente volontario si prospetta una svolta. Il prof. Antonio Servadei, allora professore di Entomologia Agraria presso l'Università di Sassari, viene chiamato a Padova, nella nuova Facoltà di Agraria di recentissima istituzione. Si tratta di fondare ex novo un Istituto universitario di Entomologia e il prof. Antonio Servadei, unico titolare, ha bisogno di un assistente. Si rivolge ai suoi colleghi e amici entomologi professori Maria Matilde Principi e Minos Martelli, e questi gli segnalano senza esitazione il giovane dottore Sergio Zangheri, che viene quindi chiamato a Padova come assistente incaricato.

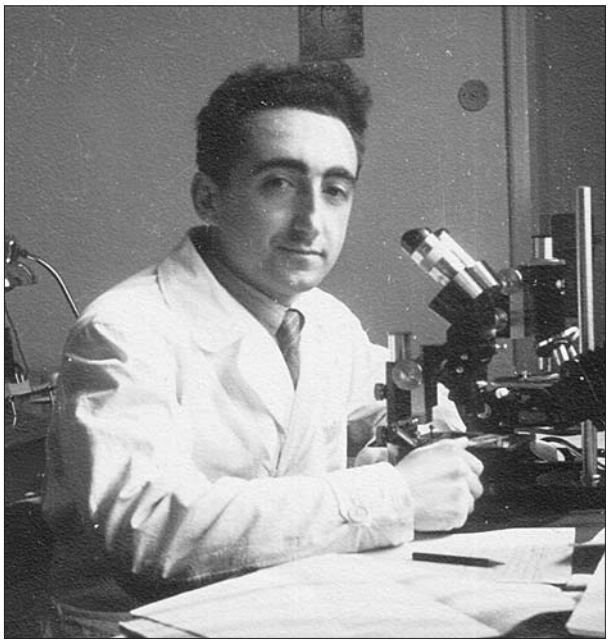

Foto 1 – Sergio Zangheri, giovane assistente universitario a Padova, nel 1953.

Sergio Zangheri arriva a Padova il primo febbraio del 1952 e nell'Università di Padova svolgerà tutta la sua carriera fino a professore ordinario.

Nel 1952 L'edificio della nuova Facoltà di Agraria era stato appena costruito in un zona storica di Padova, allora marginale, poco frequentata e vagamente malfamata. L'Istituto di Entomologia era costituto da poche stanze disadorne, arredate con l'indispensabile, abitate dal solo prof. Servadei, di recentissimo insediamento, e dal suo tecnico Dino Sartori. Il confronto con il prestigioso Istituto di entomologia di Bologna non poteva essere maggiore.

Al suo arrivo a Padova Il giovane assistente viene

– Pubblicato marzo 2021

subito coinvolto sia nell'opera di "fondazione" del nuovo Istituto universitario, che necessitava di attrezzatura scientifica e personale tecnico, sia nelle attività didattiche e nelle problematiche entomologiche del territorio.

Raccoglierà per gli studenti le "Lezioni entomologia agraria" del prof. Servadei in un volume di oltre 500 pagine pubblicato già nel 1953, e in seguito aggiornato e ristampato tre volte.

Si dedicherà anche, con costante attenzione e competenza, alla costituzione di una biblioteca entomologica, base indispensabile per conoscere e ricercare, segnalando e facendo acquistare dapprima le opere ritenute fondamentali e arricchendola successivamente con la creazione di vari settori specialistici.

Inizia ad approfondire lo studio della sistematica dei Lepidotteri e pone le basi per una collezione di Lepidotteri della fauna italiana, che già nel 1970 contava oltre 20.000 esemplari, in gran parte raccolti e identificati da lui. La sua collezione rappresenta uno strumento di studio imprescindibile per gli studiosi del settore ed è ora conservata presso il Museo di Scienze Naturali di Verona.

Tutto questo senza trascurare l'assistenza agli studenti, la ricerca, le indagini su fitofagi emergenti e le relative pubblicazioni che nel periodo 1952 – 1960 sono già 23.

Un anno dopo il suo arrivo a Padova Sergio Zangheri diventa assistente di ruolo (1953-1956) e successivamente, fino al 1969, Aiuto alla cattedra di Entomologia Agraria. Ottiene la libera docenza nel 1959. Dal novembre 1969 è professore aggregato, quindi, dal 1973, Ordinario di Entomologia agraria. Dirigerà l'Istituto dal 1978 al 1990.

Nel corso degli anni sarà docente di Zoologia, di Genetica, di Parassitologia animale dei vegetali e di

Foto 2 – Sergio Zangheri e Raffaele Cavalloro (1976).

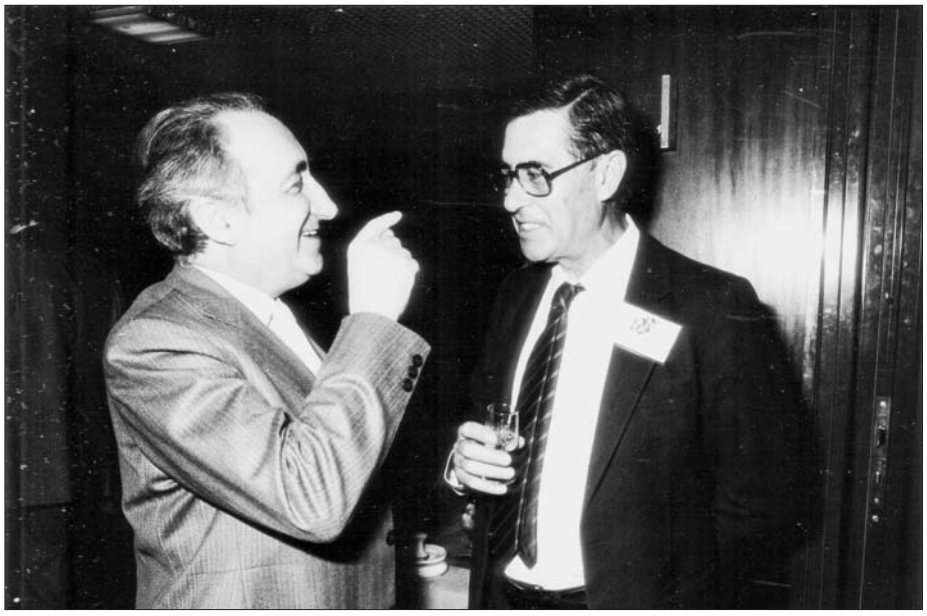

Foto 3 – Un incontro con il collega lepidotterologo spagnolo Fidel Fernández-Rubio ad un convegno.

Entomologia agraria, incarico che terrà fino al 1997, quando sarà collocato fuori ruolo. E' stato Responsabile di gruppi di lavoro nazionali ed internazionali nell'ambito del C.N.R. e della Comunità Europea.

Lungo tutta la sua carriera scientifica Sergio Zangheri divide la sua attività soprattutto tra le tematiche attinenti all'entomologia agraria e gli studi faunistici e biogeografici su Lepidotteri, che sono stati il suo ambito di studi prediletto e di cui era uno specialista riconosciuto a livello internazionale.

Nel corso degli anni pubblica oltre 160 lavori. Per quanto attiene all'entomologia agraria, oltre agli studi dedicati a problemi contingenti, si dedica in particolare, sin dal 1950, alle tignole della vite, proseguendo poi tali studi, da solo o in collaborazione con Laura Dalla Montà e Carlo Duso fino al 1988. Anche le indagini sui Lepidotteri Nottuidi, proseguiranno a lungo, dal 1952 al 2001, talora unitamente a Mario Ciampolini, Luciano Süss e Lorenzo Furlan.

Risulta particolarmente interessante l'innovativo lavoro del 1962, insieme a Luigi Masutti, sul Ragnetto giallo della vite, in cui già da allora veniva evidenziato il ruolo degli acari predatori Fitoseidi.

Tra le sue pubblicazioni non mancano esperienze di lotta guidata e integrata in frutticoltura e viticoltura affrontati negli anni in cui si poneva il problema della

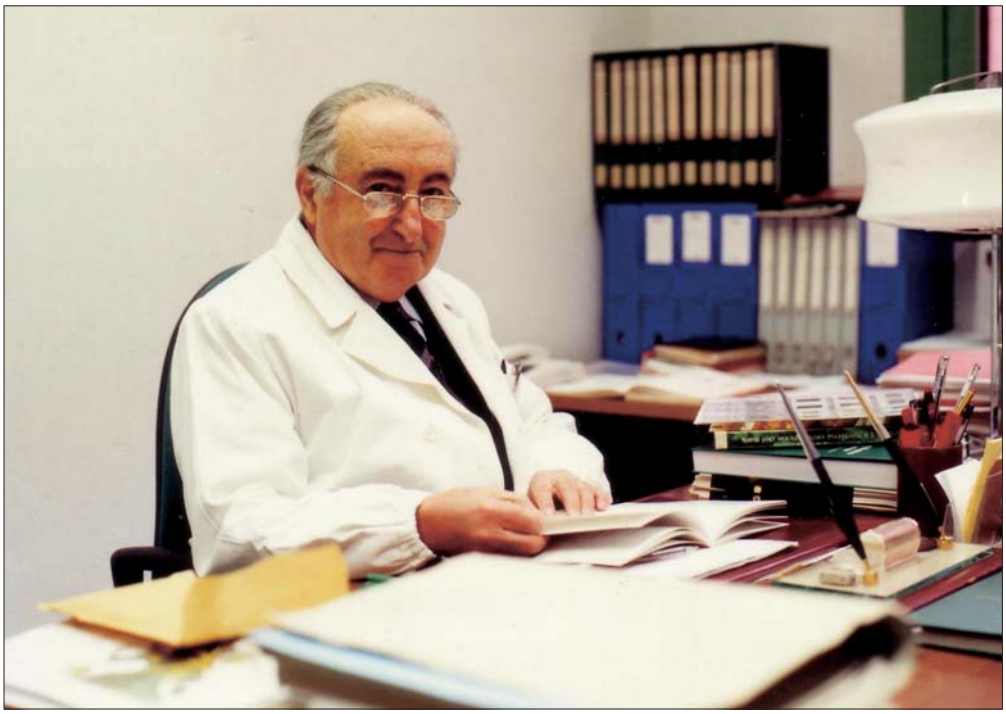

Foto 4 – Il prof. Sergio Zangheri nel suo studio ad Agripolis (1996)

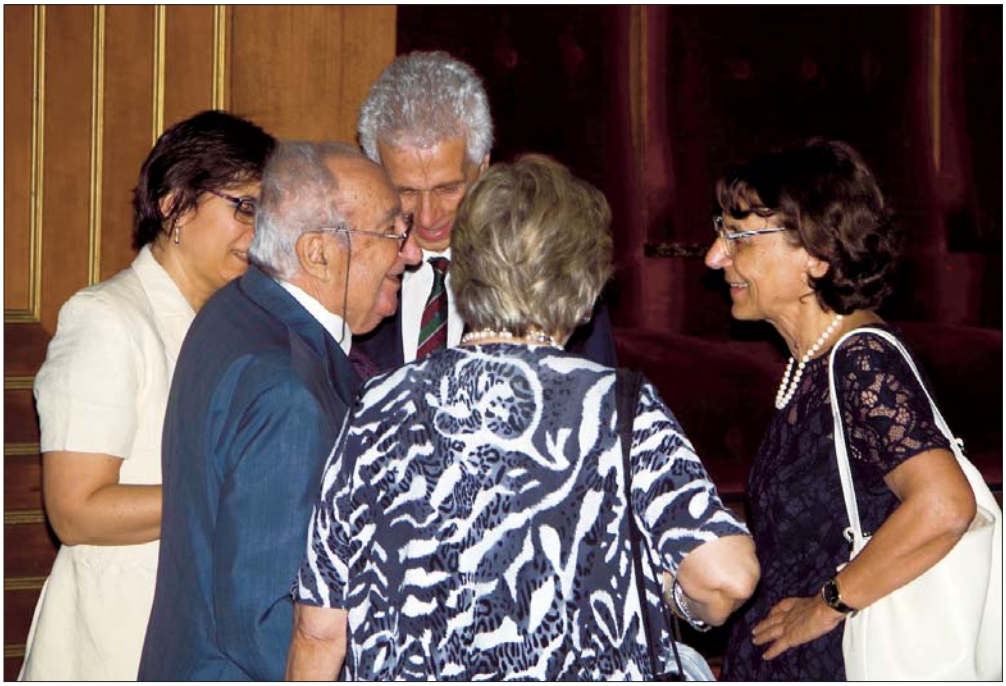

Foto 5 – Sergio Zangheri assieme agli entomologi padovani, nella giornata inaugurale del XXV CNIE a Padova, il 20 giugno 2016, la sua ultima uscita ufficiale.

regolamentazione dell'impiego degli insetticidi nell'ambiente agrario. Richiami alla tutela dell'ambiente e della salute umana nella difesa antiparassitaria sono il soggetto di contributi o letture, poi pubblicate, che Sergio Zangheri tiene in occasione di svariati convegni.

Dagli anni '80 si occupa anche dei problemi connessi all'introduzione ed alla diffusione in Italia di insetti esotici dannosi, quali *Metcalfa pruinosa*, *Corythuca ciliata*, *Hyphantria cunea*, e *Cameraria ohridella.*

Il suo contributo alla conoscenza della fauna lepidotterologica italiana è stato fondamentale, frutto sia di "campagne" di ricerca che venivano organizzate dall'Istituto di Entomologia in regioni allora poco esplorate faunisticamente, sia di ricerche personali. Nel corso degli anni '50 Sergio Zangheri pubblica tre lavori sulla fauna lepidotterologica del Gargano, delle isole Tremiti, delle Puglie, del massicci montani della Calabria. Seguono i lavori sui Lepidotteri dell'Appennino centrale (1971), sui Lepidotteri della Foresta di Campigna (1965, 1983) e sui Lepidotteri della Sardegna (1974). Per quanto riguarda il Veneto ricordiamo i contributi sulla fauna lepidotterologica delle Prealpi venete (1975) e, in collaborazione, un contributo alla conoscenza dei Geometridi della Laguna di Venezia, del litorale veneto, e dei Colli Euganei (2005).

Inoltre, fin dal 1980 Sergio Zangheri è stato membro del Comitato scientifico per la Fauna d'Italia e il suo contributo alla serie "Checklist della Fauna Italia" (1995), in collaborazione con altri specialisti, consta di 9 fascicoli dedicati a varie famiglie di Lepidotteri.

Tra le sue numerose pubblicazioni non mancano lavori entomologici che esulano dai suoi consueti temi di studio quali ad esempio uno studio sulla biologia della cocciniglia dell'olivo *Pollinia pollini* nel Veronese (1959), un contributo alla conoscenza dei lepidotteri galligeni (1966), ed infine una relazione sugli insetti rinvenuti nell'arca di San Luca Evangelista (2003) in occasione della ricognizione effettuata nel 1998 nella basilica di Santa Giustina in Padova. Sergio Zangheri fu chiamato a collaborare questo storico evento insieme a un pull di esperti in altre discipline.

Alcune interessanti pubblicazioni sono invece relative alla storia dell'agricoltura veneta nell'800, tra cui la storia della Stazione Bacologica di Padova, allora importantissima e del suo famoso fondatore dr. Enrico Verson (1998).

Sergio Zangheri si dedica anche alla stesura di svariati testi sia con finalità didattiche che tecniche o divulgative. È stato già detto come, appena preso servizio, si sia dedicato alla raccolta delle lezioni di Entomologia pubblicate da Cedam nel 1953. Tale libro, più volte ristampato, è sfociato poi nel noto testo universitario a tre nomi Servadei, Zangheri, Masutti "Entomologia generale e applicata", pubblicato nel 1972, su cui hanno studiato generazioni di studenti.

Nel 1980 viene edito, in collaborazione con Luigi Masutti, il libro "Entomologia agraria", con un approccio più snello della materia, pensato per gli studenti delle scuole superiori a indirizzo agrario.

Nel 1977 esce "Parassitologia animale dei vegetali", a sussidio del corso omonimo, da poco attivato in svariate Facoltà di Agraria, oltre che a Padova.

In collaborazione con altri noti entomologi viene pubblicato nel 1989 "Lepidotteri dei fruttiferi e della vite", libro molto apprezzato, dal taglio sia scientifico che applicativo.

Nel 2001 esce l'ultima edizione, completamente riveduta, di "Entomologia generale e applicata" ad opera dei soli Zangheri e Masutti.

Ricordo infine i bei libri dal taglio divulgativo, ma rigorosi e amati dai naturalisti, uno sui "Bruchi dei Lepidotteri" (1970), ricco belle fotografie a colori quale valido aiuto per la loro identificazione anche da parte di profani, e il successivo "Insetti" (1971) (Enciclopedia monografica di Scienze naturali), una panoramica chiara e accattivante, con molte e belle illustrazioni, sul mondo degli insetti. Tale libro sarà poi tradotto in francese e spagnolo.

Durante la sua carriera non sono mancati a Sergio Zangheri i riconoscimenti, sia nazionali che internazionali, per i suoi meriti scientifici: Accademico dal 1970, Socio dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti di Venezia dal 1985, eletto Fellow della Royal Entomological Society of London, nel 1989.

Oltre a questi, la sua regione d'origine ha voluto onorarlo accogliendolo tra i Soci di storiche accademie quali l'Accademia degli Incamminati di Modigliana (Forlì Cesena), l'Accademia Torricelliana di Scienze e Lettere di Faenza, e la Società di Studi Naturalistici Romagnoli.

Sergio Zangheri infatti ha sempre mantenuto i contatti con la sua regione d'origine. Uno dei suoi primi lavori è dedicato proprio alla sua terra: la "Bibliografia scientifica della Romagna", edito nel 1959, un volume di più di 300 pagine dove vengono elencati tutti i lavori pubblicati fino a quel momento relativi a botanica, zoologia, geografia fisica, geologia, paleontologia, antropologia, e che riguardino in qualche modo la sua regione, pubblicazione ancor oggi di riferimento per studi naturalistici sulla Romagna. Interessante anche una nota storica su un quasi dimenticato naturalista forlivese del '700, Cesare Majoli, autore di una "Introduzione all'Entomologia", ricca di bellissimi disegni all'acquerello, conservati nella Biblioteca Comunale di Forlì (1972).

Sergio Zangheri inoltre si è molto speso per il Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, iniziando dal 1997 una proficua collaborazione che portò a realizzare progetti, mostre, documentari, e ricerche naturalistiche. Con queste parole lo ricorda il Dr. Nevio Agostini, Responsabile del Servizio Promozione, Conservazione,

Ricerca Scientifica e Divulgazione del Parco: "Sergio Zangheri è stato sempre molto presente a tutte le nostre iniziative e il suo contributo umano e scientifico è stato fondamentale per la realizzazione di ogni progetto…I miei rapporti con Sergio Zangheri sono stati continui e ricchi di umanità. Ho il ricordo di una splendida persona, semplice, umile e incredibilmente competente, appassionata e in grado di ascoltare e saper dare sempre il giusto consiglio, un maestro e un amico che mancherà a tutti".

Per quelli di noi che hanno avuto il professore Sergio Zangheri come maestro e punto di riferimento sin dagli esordi della carriera, e hanno poi condiviso anni di consuetudine giornaliera, egli è stato il "nostro" professore. Un professore che ci ha lasciato liberi di seguire le nostre inclinazioni scientifiche, che ci guidava con mano sicura ma leggera, che ci incoraggiava con sapienza e generosità. Di questo gli saremo sempre grati.

La porta del suo studio era sempre aperta e con la sua consueta gentilezza, la sua ampia cultura entomologica e la sua memoria eccezionale era sempre in grado di rispondere ai nostri quesiti, di suggerirci libri o articoli scientifici, di indicarci contatti, utili per i nostri studi, con altri autorevoli studiosi italiani e stranieri che egli conosceva bene e dai quali era a sua volta conosciuto ed apprezzato. Ricordiamo le sue osservazioni gentili e puntuali sui lavori che gli sottoponevamo prima della pubblicazione, di cui sapeva sempre cogliere i punti da migliorare o approfondire.

Lo abbiamo molto stimato per il suo sapere e per la sua cortesia, ma gli abbiamo anche voluto molto bene per la sua ricchezza umana, la sua disponibilità ad ascoltare, la sua capacità di incoraggiare. Soprattutto per questo noi lo ricorderemo sempre con affetto e nostalgia e vogliamo qui ringraziarlo ancora per tutto quello che ha saputo darci.

46 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 47-76

AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI

MARCO A. BOLOGNA[a] - PAOLO AUDISIO[b] - MAURIZIO BIONDI[c] - MARZIO ZAPPAROLI[d]

[a]*Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Viale Marconi 446, 00146 Roma, Italia*
[b]*Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "C. Darwin", Sapienza Università di Roma, Viale dell'Università 32, 00185 Roma, Italia*
[c]*Dipartimento di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università dell'Aquila, 67100 L'Aquila, Italia*
[d]*Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia, Via San Camillo de Lellis s.n.c., 01100 Viterbo, Italia*
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, svoltasi da remoto, 12 giugno 2020

La sera del 7 giugno 2019, pochi giorni prima di compiere 76 anni, è mancato a Roma Augusto Vigna Taglianti, già Professore di Entomologia alla Sapienza Università di Roma, Membro Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e dell'Accademia delle Scienze (detta dei XL), già Presidente della Società Entomologica Italiana e dell'Associazione Romana di Entomologia, già Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia.

Per noi che scriviamo questo ricordo, tuttavia, Augusto è stato in primo luogo il maestro nella nostra formazione naturalistica e, soprattutto, un amico. Per questo motivo questo nostro scritto vuole essere una rievocazione della vita di uomo e di studioso vista attraverso le continue interazioni che abbiamo avuto con lui negli ultimi 50 anni che, oltre l'Entomologia e le Scienze Naturali, hanno riguardato la cultura della regione alpina, la politica e le varie esperienze derivanti dall'esplorazione di numerose aree del mondo.

Augusto Vigna Taglianti nasce il 25 giugno 1943 a Borgo San Dalmazzo (CN), cittadina in cui resterà a vivere fino al trasferimento della famiglia a Roma nel 1960, dove il padre era andato a lavorare in uno studio notarile. Svolge gli studi al Liceo classico, prima a Cuneo e poi a Roma dove ottiene la maturità nel 1961. Nel periodo giovanile ha rapporti con un importante imbalsamatore di Borgo San Dalmazzo della storica famiglia Giuliano, che lo introduce alla tassidermia, a cui si applicherà con passione. Sin da ragazzo, ha un intenso legame con la montagna e, anche dopo il trasferimento a Roma, passa lunghi periodi di residenza in paesi molto poveri come Ferriere, in Val Stura, a 1900 m di quota, aiutando i contadini ed i pastori nei loro lavori quotidiani.

A Roma si iscrive all'Università La Sapienza, dove si laurea in Scienze Naturali nel 1966 con il massimo dei voti e la lode (Fig. 1), discutendo una tesi su "Sistematica, zoogeografia ed ecologia del genere *Niphargus* (Crustacea, Amphipoda)", relatore la prof.ssa Emilia Stella.

Fig. 1 – Col del Bretolet, Valais, Svizzera, con Roberto Argano, durante un censimento di Ditteri (estate 1966).

Durante il periodo universitario conosce Giuliana Gardano, che sposerà nel 1968. Entrambi borsisti universitari, lei all'Istituto di Botanica e lui all'Istituto di Zoologia. Giuliana, moglie amata ed ammirata per tutta la vita, sarà per lui un costante sostegno morale in tante occasioni.

– Pubblicato marzo 2021

In quel periodo (1970-1971), già Assistente universitario, mentre la moglie era in attesa della figlia Michela, cui poi seguirà Pietro, svolge anche il servizio militare di leva come sottotenente di complemento in Sardegna, a Cagliari, in un reparto di autotrasporto, in cui amava guidare lui stesso i camion e gli altri automezzi portando i suoi soldati alle esercitazioni.

Svolge tutta la carriera universitaria presso La Sapienza a Roma dal 1966 al 2013, quando andrà in pensione: agli inizi più volte Borsista dell'Ateneo di Roma e del Ministero della Pubblica Istruzione; Assistente volontario e poi Assistente Universitario di ruolo della Cattedra di Zoologia dal 1971; Professore Incaricato (poi stabilizzato) di Zoologia dei Vertebrati e di Entomologia dal 1972 al 1982; Professore Associato dal 1982; vincitore della Cattedra di Entomologia, diventa Professore Straordinario nel gennaio 1987 e viene successivamente nominato Professore Ordinario nel gennaio 1990. Dal 1988 al 1991, sempre presso La Sapienza, è anche titolare dell'insegnamento di Zoogeografia per i Corsi di Laurea in Scienze Biologiche ed in Scienze Naturali.

Sin dal periodo liceale a Borgo San Dalmazzo ed a Cuneo, ha anche una formazione da rocciatore e diviene poi istruttore del Club Alpino Italiano, praticando alpinismo nelle Alpi Marittime e Cozie e poi negli Appennini centrali. Cesserà questa sua attività sportiva ed esplorativa solo dopo un grave incidente sul Gran Sasso d'Italia. Sempre dal periodo giovanile, sin dal 1958 è attivo nel Gruppo Speleologico Alpi Marittime, esplorando cavità del Massiccio del Marguareis e delle lenti carbonatiche del basso Piemonte, e poi, dopo il trasferimento a Roma, anche nel Circolo Speleologico Romano (Fig. 2), che frequenterà come altri giovani assistenti dell'Istituto di Zoologia, che si occuperanno di fauna cavernicola, partecipando alle esplorazioni di zone carsiche nell'Italia appenninica e della Sardegna. La passione per la montagna e per le grotte sarà di notevole stimolo anche per la sua attività di ricerca zoologica, come noi ben ricordiamo per i periodi di studio passati insieme nelle Alpi Liguri, in Sicilia, in Carnia, nei Pirenei, in Grecia, nel Ponto e nel Tauro turchi (10 campagne di esplorazione). La sua attività di biospeleologo sarà poi indirizzata anche in Cina, Etiopia, Isole Canarie ed Ecuador.

Nella sua giovinezza, Augusto è stato fortemente influenzato e legato alle vicende che nella fase finale delle Seconda Guerra Mondiale hanno interessato il Cuneese, con la nascita della prima formazione partigiana italiana di "Duccio" Galimberti e Dante Livio Bianco, e la lotta di Liberazione nelle valli cuneesi. Conosce perfettamente tutti i luoghi delle prime azioni e vive con passione la storia delle prime bande partigiane nelle valli Stura, Gesso, Vermenagna e Maira, cui sarà legato per tutta la vita. Durante le nostre esplorazioni zoologiche nell'Alta Val Tanaro e nelle valli Imperiesi avemmo più volte modo di vivere luoghi di importanti battaglie e scontri, luoghi in cui si emozionava sempre, e noi con lui. In queste valli tornerà anni più tardi acquistando e ristrutturando

Fig. 2 – Zindan Mağarasi, Isparta, Turchia, con Valerio Sbordoni, durante ricerche biospeleologiche (aprile 1973).

con grande amore una casa a Sambuco, piccolo centro in terra occitana, dove passerà le estati e i periodi festivi, diventando amico di tutti ed apprezzato animatore della vita culturale della valle.

Proprio la cultura occitana lo ha fortemente coinvolto durante tutta la vita, lui nato nella "bassa", ma all'imboccatura e confluenza di tre valli di quel territorio. La frequentazione di questi luoghi sin da piccolo e la residenza per lunghi periodi in Val Stura, lo avevano fatto ancor più avvicinare a questa cultura alpina fino a farsene adottare: parlava correttamente la lingua occitana (oltre al piemontese), ballava le ritmate *courente* e i *balet* e conosceva tutti gli aspetti della storia e della cultura pastorale e contadina. Ed il caso ha voluto che anche due di noi che scriviamo fossero originari proprio di vallate occitane, la qual cosa lui e noi rimarcavamo, portandoci spesso a discutere dell'attuale condizione di queste montagne e delle loro culture.

Sin dagli anni '60 del secolo scorso, Augusto inizia ad interessarsi all'Entomologia in modo molto approfondito, anche se mantiene un interesse zoologico generale, conoscendo bene tanti altri gruppi animali. In generale, la sua è un'ampia cultura naturalistica, che trasmetterà a tutti noi, anche a quelli già appassionati di questi temi prima di conoscerlo, in un suo personale modo "indiretto", dandoci informazioni su tutto e mostrandoci in forma quasi distaccata e disarmante quanto fosse ampia la sua conoscenza sulla natura; in questo modo ci stimolava a conoscere ambienti, animali e piante attraverso lo studio, ma soprattutto con l'esperienza diretta sul campo (Fig. 3).

Come detto, durante gli studi universitari svolge la sua tesi di laurea sul genere *Niphargus*, genere che include molti elementi specializzati alla vita in acque sotterranee. In questo periodo è essenziale per la sua formazione il rapporto con Sandro Ruffo, Direttore del Museo di Storia naturale di Verona, anfipodologo di fama internazionale, coleotterologo, biospeleologo, biogeografo e promotore delle ricerche faunistiche nella regione appenninica. Il contributo di Ruffo è essenziale nella formazione di Augusto, che orienterà la sua attività di ricerca in tutti questi campi e questo "indirizzo scientifico" sarà di fatto trasmesso in modo molto profondo a tutti noi.

Oltre allo studio dei *Niphargus* e della fauna cavernicola, come avremo modo di tornare nelle righe seguenti, Augusto indirizza le sue indagini anche sulla tassonomia dei coleotteri Carabidae, famiglia ricchissima di specie, di cui diverrà uno specialista di livello internazionale, e dell'ordine dei Dermaptera, a cui dedicherà parecchie ricerche, affermandosi anche in questo settore. Lo studio di questi tre gruppi di artropodi proseguirà per tutta la vita, anche se i carabidi rappresenteranno sempre il focus principale della sua attività scientifica.

Nell'allora Istituto di Zoologia della Sapienza cresce come zoologo insieme ad altri colleghi assistenti che si rivolgono anche loro a ricerche naturalistiche piuttosto che seguire le orme della indagine embriologica, allora

Fig. 3 – Preparazione in pelle di un tasso per il Museo di Zoologia della Sapienza, Turchia occidentale (aprile 1982).

prioritaria in quella sede: Roberto Argano, il compianto Paolo Brignoli, Vezio Cottarelli, Valerio Sbordoni, e poi anche Carlo Utzeri, Gian Maria Carchini, Giuseppe Maria Carpaneto, Marina Cobolli, Elvira De Matthaeis, Vincenzo Vomero e Saverio Forestiero. Sotto il coordinamento del prof. Carlo Consiglio e la lungimirante supervisione del prof. Pasquale Pasquini, che pur non lavorando in questo campo aveva sin da subito compreso il valore scientifico dei suoi assistenti appassionati di sistematica animale, farà parte del "Gruppo faunistico" dell'Istituto, che si affiancherà a quelli di Embriologia, di Idrobiologia e di Biologia marina. Questo vivacissimo consesso di giovani tassonomi e biogeografi fu impegnato sin da subito nel progetto di studio della fauna delle Isole Ponziane, vera palestra di ricerca e di collaborazione scientifica. Da questo gruppo di cui alcuni di noi, allora studenti, hanno avuto l'onore di fare parte, e che diverrà l'importante scuola zoologica romana di tassonomia, sistematica, biogeografia e faunistica, nasce dagli anni '70-90 del secolo scorso, un cospicuo numero di futuri zoologi italiani interessati allo studio di diversi gruppi di artropodi, molluschi e vertebrati, tra cui, oltre agli scriventi e agli altri sopra citati, ricordiamo almeno Giuliana Allegrucci, Fabiola Baldari (poi prematuramente scomparsa), Pier Giorgio Bianco, Carlo Belfiore, Gisella Caccone, Donatella Cesaroni, Romolo Fochetti, Gabriele Gentile, Claudio Manicastri, Marco Mattoccia, Marco Oliverio, Mauro Rampini, ed altri ancora che indirizzeranno poi le loro esperienze anche verso la Biologia evoluzionistica e l'Eco-Etologia.

Un altro campo di interesse scientifico e di impegno sociale di Augusto è stato quello della Conservazione della natura. Già dalla metà degli anni '70, anche per il suo impegno politico, oltre a collaborare formalmente con Legambiente e mantenendo ottimi rapporti con il WWF, sarà impegnato alla definizione nel 1977 della legge della Regione Lazio per l'istituzione delle aree protette. Nel 1979 sarà incaricato dalla Regione Liguria per le indagini zoologiche finalizzate alla stesura del piano per il Parco delle Alpi Liguri Imperiesi, in cui coinvolse uno di noi (MAB) appena laureato. Questa occasione, anziché rappresentare un mero momento di impegno professionale per Augusto, significò un incredibile momento di formazione per un folto gruppo di giovani ricercatori dell'allora Dipartimento di Biologia animale e dell'Uomo della Sapienza, per svolgere insieme intense ricerche su insetti, chilopodi, isopodi nelle Alpi Liguri, attraverso un piano di campionamenti mirati alla interpretazione di zoocenosi dei principali ecosistemi del Parco, il tutto in un clima di vita spartana ed allegramente faticosa, condito da discussioni interminabili durante vivaci cene nella casa di uno di noi a Viozene, in Val Tanaro, o in trattorie, spesso trovate all'ultimo momento, delle vallate imperiesi e cuneesi. Così, infatti, era con lui la ricerca di campo in ogni parte del mondo ove siamo stati insieme. "Vuoi che non ci sia una bettola?", diceva spesso per tranquillizzare il timore, che talvolta serpeggiava, di saltare il pranzo o la cena.

Il suo impegno per la conoscenza della biodiversità applicata alla conservazione continuerà, tra l'altro, con il sostegno e la supervisione scientifica alle indagini che noi quattro, insieme alla compianta Fabiola Baldari, a Carlo Belfiore, Claudio Manicastri e Stefano Taiti, abbiamo svolto nel nostro periodo di formazione all'inizio degli anni '80 nell'Abruzzo teramano (Fig. 4), oppure in tanti anni di collaborazione con il Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, o con il Parco Regionale delle Alpi Marittime, o con il Parco del Mercantour, nonché attraverso i progetti finalizzati del C.N.R. Ciascuna di queste circostanze era poi occasione per lo sviluppo di tesi sperimentali e per la formazione di altri giovani zoologi, in special modo, entomologi. Augusto ha inoltre redatto, come responsabile di settore o come collaboratore, la parte faunistica dei piani di assetto di alcuni parchi naturali italiani ed esteri (Parco Naturale Regionale delle Alpi Liguri, 1979-1981; Dana Nature Reserve, Jordan, 1995-1997; Parco Nazionale della Valgrande, 1997; Roma-Natura, 1999; Parco Nazionale del Circeo, 2000-2001).

Istituzionalmente vale la pena di ricordare che Augusto Vigna Taglianti ha fatto parte della Commissione Tecnico-Scientifica per la Fauna del Ministero per l'Ambiente (1989-1994), del Consiglio del Parco Nazionale del Circeo (1979-1984) e di quello del Parco Nazionale d'Abruzzo (1982-1994; 1999-2013), oltre che di organi dirigenti di alcune aree protette a livello regionale e comunale. Dal 2006 viene nominato membro ("expert associé") del Comité Scientifique du Parc National du Mercantour (France), nelle sue Alpi Marittime.

La passione naturalistica e l'impegno sul campo di Augusto emergono con forza anche dal numero di specie e sottospecie a lui dedicate. Epiteti specifici o sottospecifici come *vignai* o *vignatagliantii* sono stati assegnati a taxa che spaziano dagli ascomiceti parassiti ai metazoi, in particolare artropodi, soprattutto coleotteri, ma anche aracnidi, diplopodi, chilopodi e, ovviamente, crostacei. Tra i taxa nuovi a lui dedicati non mancano inoltre rappresentanti di altri gruppi, come irudinei e pesci. In tutto, a noi risultano circa settanta tra specie e sottospecie (vedi Appendice). A testimonianza della sua generosità scientifica, oltre che umana, e del ruolo di stimolo che ha avuto nella comunità scientifica, ci piace riportare in questa sede la *derivatio nominis* scritta da uno dei tanti specialisti di carabidi che hanno interagito con lui durante la sua carriera, Peter Nagel, dell'Università di Basilea, il quale, a conclusione della descrizione di *Protopaussus vignai*, una nuova specie di paussino del Nepal, pubblicata nel 2018, scrive "*The species is named for the renowned entomologist and biogeographer Augusto Vigna Taglianti, Professor*

Fig. 4 – Macchia da Sole, Civitella del Tronto (TE), durante un progetto naturalistico (aprile 1980).

emeritus of the University of Rome. He once dedicated one copy of the newly published Fauna d'Italia volume on Carabidae 1 to me, a beginner, as a contribution to our discussion on Paussinae. This clearly stimulated my further research and I am very grateful for the privilege of knowing him for a long time."

La militanza politica e l'impegno sociale sono stati un altro elemento molto importante nella vita di Augusto, soprattutto negli anni '70-'90 del secolo scorso, attraverso una stretta collaborazione con la Direzione nazionale e regionale del Partito Comunista Italiano, relativa soprattutto agli aspetti ambientali. Diverrà anche responsabile regionale per l'ambiente del Partito e, nel solco di questo impegno, sarà candidato alle elezioni regionali del Lazio negli anni '80. Ma anche sugli aspetti della organizzazione universitaria, in collaborazione con Giovanni Berlinguer, già docente di Igiene del Lavoro all'Università Sapienza di Roma tra il 1975 e il 1999, ed Antonio Ruberti, già Rettore di quell'Università dal 1976 al 1987, il suo impegno politico è stato continuo. Ebbene, in quegli anni durissimi che hanno sconvolto il nostro Paese ed in cui alcuni di noi erano su posizioni più "estreme" delle sue, Augusto non si è mai nascosto alla discussione su temi politici e sociali, né ha abbandonato l'impegno politico di base, partecipando alle iniziative organizzate nel suo quartiere a Roma.

Durante i tanti anni di insegnamento di Zoologia dei vertebrati e poi di Entomologia, Augusto si è notevolmente impegnato come relatore di molte tesi sperimentali, firmandone circa 300. Nel primo campo si attivò soprattutto su specie con problematiche di conservazione, come l'orso bruno marsicano, su cui per primo stimolò indagini sulla nicchia trofica e sulla morfometria. In realtà in Zoologia dei vertebrati pubblicò poco, anche se non bisogna dimenticare che è stato coordinatore di uno dei volumi sui mammiferi della Fauna d'Italia. In Entomologia, oltre ad attività di tesi sperimentali e di dottorato su numerosi gruppi di insetti, continuò sempre nel suo impegno di tassonomo dei carabidi e dei dermatteri mentre, dopo gli anni iniziali, dedicò meno tempo agli anfipodi. La sua ricca produzione scientifica è discussa più nel dettaglio nelle righe successive e l'elenco delle pubblicazioni è riportato al fondo di questa rievocazione.

Come didatta, la sua malcelata timidezza gli creava una certa difficoltà di approccio con gli studenti in aula, mentre in laboratorio o sul campo Augusto era estremamente coinvolgente e cercava sempre di far uscire il meglio da ogni studente (Fig. 5). Questo stimolo indiretto ancorché continuo, forse a qualcuno poteva apparire come una forma di distacco, ma in realtà tendeva a promuovere una sana e non competitiva "corsa alla conoscenza" ed una spinta ad incuriosirsi, ad approfondire, a cercare di sapere sempre di più. Augusto ci teneva orgogliosamente a definire noi i "suoi allievi", come un maestro d'arte coi suoi ragazzi di bottega. Ed è così che noi ancora ci sentiamo, nonostante tutti abbiamo poi percorso in modo assolutamente autonomo strade diverse dopo la fase iniziale presso i laboratori della Sapienza. Il procedere delle nostre carriere accademiche lo ha sempre reso intimamente orgoglioso ed ha sempre partecipato con affetto ai momenti importanti della nostra vita, accademica e non (Fig. 6).

In questa logica di autonomia di ricerca, Augusto

Fig. 5 – Sambuco, Alpi Cozie (CN), con Giuliana, i collaboratori e gli studenti del corso di Entomologia (giugno 1998).

Fig. 6 – Matrimonio di Marco e Carla, mentre suona il putipù, Roma (ottobre 1985).

non ha mai stimolato una collaborazione diretta con nessuno di noi, in alcuni casi quasi contrastando nostre proposte di svolgere indagini insieme su qualche suo tema di ricerca. Sosteneva che non gli interessava produrre molte pubblicazioni in più a tanti nomi, ma che voleva formare un gruppo di tassonomi e biogeografi, specialisti di gruppi animali diversi, che autonomamente sviluppassero le loro linee di ricerca: e così è stato. Ma al contempo tutti noi ricordiamo con piacere i due anni in cui, noi ed una dozzina di altri allievi della succitata scuola romana, perlopiù suoi ex laureati, ci incontravamo il giovedì, nel suo studio alla Sapienza, ognuno proveniente dalle sedi di lavoro del momento, disseminate in tutt'Italia, per discutere di un progetto sui corotipi delle Regione Paleartica occidentale, mettendo a confronto le esperienze che ciascuno aveva maturato sul gruppo animale studiato. Ciò finalizzato in primo luogo a "metabolizzare" e poi produrre una sintesi ponderata, che partendo dalle analisi dei maestri storici italiani della Biogeografia, come Edoardo Gridelli, Marcello La Greca, Baccio Baccetti, Sandro Ruffo, cercasse di sviluppare una nuova proposta metodologica sui corotipi. Quelle lunghe discussioni hanno portato, quasi inaspettatamente, alla pubblicazione di due lavori, di cui Augusto fu capofila, e che hanno ricevuto centinaia di citazioni. Questi lavori, per sua

scelta, furono pubblicati nel 1992 e 1999 sul giornale della Società Italiana di Biogeografia, ancor oggi privo del "mitico" Impact Factor.

Da questo punto di vista, infatti, Augusto non ha mai saputo né voluto adeguarsi al nuovo modo di sviluppare e pubblicare le ricerche scientifiche che stava irradiandosi anche negli Atenei italiani (senza dubbio più stressante e competitivo rispetto all'esperienza in cui lui era cresciuto), in cui si iniziava ad andare sempre alla ricerca del periodico più prestigioso e più letto. Questo è stato forse un suo limite accademico, ma derivante solo dalla volontà di cercare di mantenere contenuti di estrema cura, rigorosamente documentati, originali e mai ripetitivi, piuttosto che cercare risultati più numerosi e premianti in termini bibliometrici. In ciò è da leggere anche la sua volontà di mantenere come suoi campi d'indagine prevalenti quelli tassonomico e faunistico, che certo non aiutavano in questa rincorsa alla citazione che contraddistingue gli anni più recenti.

In questa stessa prospettiva, anche la riforma universitaria degli ultimi anni ed il cambiamento del modo di vita accademico degli Atenei sono stati per Augusto sofferti. In particolare, le forzatamente accresciute dimensioni dipartimentali e l'estrema competizione nella ricerca, lo hanno a poco a poco stressato e progressivamente allontanato dal nuovo "sistema" che da un lato rifiutava, ma da cui non voleva staccarsi. Ciò gli ha procurato negli ultimi anni una forte tensione emotiva ed un progressivo distacco che si sono accentuati con il collocamento a riposo, all'età di 70 anni, momento in cui si è sentito escluso da quel mondo a cui aveva dato tantissimo come docente e ricercatore ed in cui quasi certamente faceva sempre più fatica a riconoscersi.

La sua attività accademica e scientifica può essere brevemente descritta suddividendola in una variegata serie di aspetti del curriculum.

(a) *Incarichi universitari*. Oltre all'attività didattica sopra descritta ed agli impegni nell'allora Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università Sapienza di Roma, Augusto Vigna Taglianti ha avuto un delicato incarico pluriennale (1975-1981) come Presidente della Commissione per la Ricerca Scientifica. In quella veste ha sempre saputo mantenere un attento equilibrio tra le tante spinte e richieste dei colleghi.

(b) *Museologia*. Il suo interesse per i Musei naturalistici ha avuto molteplici sfaccettature. Ha visto specifiche pubblicazioni ed il supporto di una grande esperienza diretta attraverso lo studio, per motivi di ricerca, di collezioni entomologiche di Musei nazionali ed esteri. Nell'Ateneo Sapienza, è stato Direttore del Museo di Zoologia dal 1976 al pensionamento (2013). Dal 1988 è nominato Coordinatore del Gruppo di Lavoro per i Musei dell'Ateneo ed infine, dal 1998 al 2009, diviene delegato per l'Ateneo nella Commissione Musei della Conferenza dei Rettori delle Università Italiane. Negli ultimi anni di carriera diviene poi membro molto apprezzato del Consiglio dell'istituendo nuovo Polo Museale, impegnandosi moltissimo anche per la realizzazione della nuova sede della Sezione entomologica, costituita per accogliere le collezioni dell'ex Istituto nazionale di Entomologia, soppresso per legge insieme a numerosi altri enti pubblici e trasferito a Via Tiburtina dalla storica collocazione nel quartiere Prati.
I suoi rapporti col Museo civico di Storia naturale di Verona sono sempre stati molto stretti, così come con il Museo regionale di Scienze Naturali di Torino ed il Museo civico di Storia naturale "Giacomo Doria" di Genova, a cui è stata poi donata la sua collezione entomologica, ora lì collocata per sua esplicita volontà testamentaria.
Tra l'altro, è stato membro del comitato editoriale della rivista dell'Associazione Nazionale dei Musei Scientifici *Museologia scientifica*, ed ha collaborato all'organizzazione di convegni tematici con l'Accademia Nazionale dei Lincei e l'Accademia delle Scienze detta dei XL.
Tuttavia ci preme in particolare sottolineare il suo ruolo, in collaborazione con Antonio Ruberti e l'allora Assessore al Comune di Roma, l'architetto Bernardo Rossi Doria, nella riorganizzazione e nella nuova progettazione del Museo Civico di Zoologia di Roma, con cui la Sapienza aveva una storica convenzione per la conservazione delle collezioni: la rinascita di questo Museo, dopo anni di oscurità, è certamente legata alla sua lucida visione della necessità di avere nella Capitale un Museo scientifico non solo universitario.

(c) *Attività editoriale*. In questo campo l'impegno di Augusto Vigna Taglianti è stato soprattutto indirizzato a migliorare e mantenere il livello scientifico di giornali entomologici e naturalistici nazionali. Augusto Vigna Taglianti ha infatti assunto in questo ambito l'incarico di Direttore responsabile delle riviste scientifiche: *Fragmenta entomologica* (1983-2013), *Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia* (1980-2019), *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL* (2009-2019) e *Hystrix (The Italian Journal of Mammalogy)* (1989-2003). Inoltre, è stato membro del comitato scientifico e/o editoriale di numerose riviste italiane ed internazionali, tra cui: *Bollettino della Società Entomologica Italiana, Memorie della Società Entomologica Italiana, International Journal of Speleology, Elytron, Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Mémoires de Biospéologie* (dal 2003 *Subterranean Biology*) e *Alula – Rivista di Ornitologia*. Ha svolto inoltre

attività di revisore per numerosi giornali zoologici tra cui l'allora *Italian Journal of Zoology, Miscellánea Zoologica, Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova, Tropical Zoology, Zoology in the Middle East, Acta Zoologica Mexicana, ZooKeys* e *Zootaxa.*

Un altro importante incarico è stata la partecipazione, dal 1984, al Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia su nomina dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Comitato di cui dal febbraio 2000 al marzo 2014 ha ricoperto la carica di Presidente, riuscendo a portare a termine la pubblicazione di numerosi volumi della collana e a sviluppare una proficua collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, purtroppo oggi non più in essere.

(d) *Progetti e spedizioni per ricerca faunistica*. Per sviluppare le sue indagini faunistiche, biogeografiche e sistematiche, Augusto Vigna Taglianti ha anche organizzato e svolto tante spedizioni scientifiche, anche in collaborazione con altre istituzioni di ricerca italiane e straniere. In particolare, soprattutto nelle fasi iniziali della carriera, oltre alle già citate ricerche nell'Arcipelago pontino, nelle Alpi occidentali e negli Appennini centrali, ha indirizzato il suo interesse al Vicino e Medio Oriente, portando a termine oltre una decina di spedizioni in Grecia e Turchia, a cui noi stessi abbiamo partecipato attivamente in più occasioni, con lui sempre alla guida del Ford Transit rosso dell'Istituto di Zoologia, a volte per interminabili ore su qualsiasi strada, con qualsiasi tempo, pur di raggiungere l'obbiettivo, ma anche nel Sistan iraniano, in Libano e in Giordania. Importanti sono state anche la spedizione in Marocco, che ha visto il battesimo di campo di uno di noi (MB), così come quelle in Etiopia, Somalia (Fig. 7), sulle tracce delle antiche spedizioni naturalistiche italiane, con la raccolta di importantissimi campioni di tanti gruppi entomologici, e poi in Kenya. Infine, ugualmente ricche di risultati sono state le spedizioni in Ecuador, Cina, Sud Africa, Isole Canarie e Canada occidentale.

Fino al 1996, Augusto Vigna Taglianti è stato responsabile di alcuni programmi di ricerca nazionali, come il programma finanziato dall'ex M.U.R.S.T. (fondi 40%) "*Componenti extrapaleartiche della fauna italiana e mediterranea*", di cui è stato coordinatore nazionale, ed il programma del C.N.R. (ex Gruppo Nazionale di Biologia Naturalistica) "*Basi sistematico-evolutive per lo studio della biodiversità e delle faune regionali*", dal 1995 "*Evoluzione e geografia della diversità animale in ecosistemi mediterranei*". Molteplici sono poi stati i progetti locali che hanno supportato le sue ricerche in aree nazionali e ci piace ricordare la sua (e nostra) partecipazione alle missioni nelle piccole isole italiane, coordinate dal prof. Baccio Baccetti, e quelle negli Appennini siciliani nell'ambito di un progetto finalizzato del C.N.R., nel 1980.

(e) *Partecipazione a Società scientifiche ed a congressi*. Augusto Vigna Taglianti è stato membro di numerose società scientifiche nazionali ed internazionali, spesso partecipando agli organi dirigenti delle stesse: Unione Zoologica Italiana, Società Entomologica Italiana, Associazione Romana di Entomologia, Circolo Speleologico Romano, Gruppo Speloelogico Piemontese, Società Italiana di Biogeografia, Société Internationale de Biospéologie, Associazione Teriologica Romana (socio fondatore), Associazione Nazionale dei Musei Scientifici, Asociatión Europea de Coleopterologia, Stazione Romana per l'Osservazione e la Protezione degli Uccelli.

Fig. 7 – Gaan Libà, Hagheisa, Somalia, durante ricerche entomologiche (maggio 1988).

Dal 1986 Augusto Vigna Taglianti diviene membro dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e nel 1993 viene nominato Accademico Ordinario. Dal 1996 al 2012 è Presidente della Società Entomologica Italiana, di cui era socio da tanti anni (Fig. 8). Dal 1964 è socio dell'Associazione Romana di Entomologia, di cui sarà Consigliere, Presidente e Direttore responsabile dal 1980 al 2019. Nella Società Italiana di Biogeografia è stato socio dal 1965 e membro del Consiglio Direttivo. Il suo impegno in queste società scientifiche è tenace e convinto e riuscirà a dar seguito a tante iniziative scientifiche e divulgative. Nel 1996 è stato General Secretary del XX International Congress of Entomology (Firenze, agosto 1996) (Fig. 9), ed è stato eletto Member of the Council for International Congresses of Entomology.

Dal 2003 è Socio Nazionale dell'Accademia Nazionale delle Scienze (detta dei XL), uno dei pochi zoologi di questo antico consesso scientifico, di cui divenne responsabile dei Rendiconti dal 2009 al 2019.

Sin dagli inizi della carriera universitaria partecipa a numerosi congressi di carattere zoologico ed in particolare entomologico e biogeografico. Oltre al già citato XX Congresso Internazionale di Entomologia, partecipa ai convegni internazionali di Vancouver (1988) e di Shangai (1992). È inoltre membro del Comitato organizzatore oltre che del Comitato Scientifico, di congressi entomologici e zoologici svolti a Roma: XII Congresso di Entomologia di Roma, 1980; LXVI Congresso dell'Unione Zoologica Italiana, 2005; XXXVIII Congresso della Società Italiana di Biogeografia, 2011.

Fig. 8 – XXIII Congresso italiano di Entomologia, con colleghi palermitani, Genova (giugno 2011).

Fig. 9 – XX Congresso Internazionale di Entomologia, con allievi e collaboratori, Firenze (agosto 1996).

La produzione scientifica di Augusto Vigna Taglianti è stata amplissima e, anche se sensibilmente rallentata negli ultimi anni di lavoro e dopo il collocamento a riposo, ha visto edite delle pubblicazioni dal 1964 letteralmente fino al suo ultimo giorno di vita, anche a seguito di collaborazioni portate avanti con numerosi colleghi e allievi. In totale, nella lista in Appendice a questa rievocazione, costruita basandoci su documenti da lui lasciati e sui risultati di ricerche da noi appositamente svolte, abbiamo elencato complessivamente 419 prodotti scientifici, incluse moltissime pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali, di cui alcune vengono ricordate nei capoversi che seguono, in cui la produzione scientifica è suddivisa per tematiche.

Ricordiamo subito tre monografie inerenti linee di ricerca per lui di speciale interesse, i Coleoptera Carabidae e la Biospeleologia: la prima è rappresentata dal volume della Fauna d'Italia relativo ai carabidi delle sottofamiglie Paussinae e Carabinae (1982; coautori Achille Casale e Mario Sturani); la seconda è costituita dalla Fauna cavernicola delle Alpi Liguri (1985, coautore Marco A. Bologna); la terza è la Checklist delle specie della fauna d'Italia di Coleotteri Carabidi (1993). Inoltre, Augusto Vigna Taglianti è coeditor di due volumi di Atti di simposi internazionali su coleotteri carabidi (1998, "Phylogeny and classification of Caraboidea (Coleoptera: Adephaga)"; 2000, "Natural History and Applied Ecology of Carabid Beetles"), del già citato volume della Fauna d'Italia (2003, "Mammalia - Carnivora, Artiodactyla") e della ristampa della "Iconografia della Fauna Italica" di Carlo Luciano Bonaparte (2003).

Se si vuole esplorare la sua ricca produzione scientifica e divulgativa, è più semplice suddividerla per campi di indagine, anche se alcune pubblicazioni riguardano allo stesso tempo più campi di interesse, in particolare: anfipodi, dermatteri, coleotteri carabidi; Biogeografia, Biospeleologia, Ecologia animale, Conservazione della natura, Museologia scientifica.

Sui crostacei anfipodi le pubblicazioni (20), in parte in collaborazione con Sandro Ruffo, includono la descrizione di numerosi taxa nuovi come i generi *Ilvanella* dell'Isola d'Elba, *Gammaropisa* e *Parhadzia* dell'Anatolia, nonché specie nuove di *Niphargus, Bogidiella* e *Ingolfiella*. Le faune studiate sono particolarmente quelle delle acque sotterranee delle aree circummediterranee, rammentando in particolare uno studio di sintesi su quella dell'Arcipelago toscano, anche se non sono stati trascurati elementi sotterranei turchi e messicani.

Le pubblicazioni sui dermatteri (25) riguardano in particolare specie italiane, con aggiornamenti faunistici soprattutto relativi a comprensori dell'Italia centro-meridionale, ma i taxa nuovi descritti dei generi *Forficula, Chelidurella* ed *Esphalmenus*, sono africani, turchi e dell'Ecuador, a denotare un interesse ed una conoscenza più vasta su questo ordine di esapodi. Sui dermatteri Augusto ci diceva che avrebbe voluto scrivere il volume della Fauna d'Italia ancora al manifestarsi dei primi sintomi della feroce malattia, magari facendosi aiutare da un suo ex allievo, ma non è riuscito a realizzare questo desiderio, che lo faceva tornare indietro nel tempo, ad una delle sue più precoci linee di ricerca.

I coleotteri carabidi, come detto, sono stati l'oggetto principale della sua ricerca e ben 170 lavori sono relativi a questa famiglia di adefagi, con sfaccettature molteplici che vanno dalla tassonomia alla faunistica, dalla biologia preimaginale all'ecologia di comunità, dalle checklist continentali alla biogeografia. I gruppi sotterranei, come i trechini e gli sfodrini, sulle orme dell'entomologo francese René Jeannel, che ha tanto ammirato, lo hanno sempre enormemente affascinato e sono stati oggetto di molteplici indagini, sfortunatamente solo in parte pubblicate. Perché Augusto era così: una volta scoperta una novità attendeva molto a pubblicarla, arrabbiandosi poi moltissimo se altri lo facevano al posto suo. Ricordiamo la scoperta di alcuni nuovi carabidi (*Trechus* e *Deltomerus*) periglaciali effettuata insieme durante una spedizione in Anatolia nel 1976, a 3000 m sul Kackar dağı (Alpi Pontiche), e mai descritti, finché un entomologo polacco ed uno austriaco lo fecero a sua insaputa. Ma ogni volta era con grande entusiasmo che viveva la scoperta di nuovi taxa sotterranei come *Tauroderus bolognai* di una grotta del Tauro di Antalya, nella Turchia sud-occidentale, festeggiato subito in una locanda di un vicino villaggio insieme ai compagni di spedizione. Tra i Trechini, un particolare interesse è stato sempre rivolto al genere *Duvalius*, di cui ha descritto specie di molteplici massicci carbonatici italiani, di Creta, del Libano e della Turchia, così come al genere *Trechus*, di cui ha revisionato complessi di specie italiani, turchi ed etiopici. Ma è opportuno ricordare nel dettaglio almeno la descrizione, oltre del già citato *Tauroderus*, anche dei generi *Doderotrechus* delle Alpi occidentali, *Lessinodytes* delle Prealpi orientali, *Guizhaphaenops* della Cina, *Mexanillus*, *Chiapadytes* e *Mayaphaenops* del Messico. Davvero stimolante per l'interpretazione biogeografica è ancora oggi la revisione del genere *Aptinus*, e da ricordare sono certuni studi su Anillini sotterranei ed alcuni recenti revisioni di Bembidini ripicoli. La già ricordata monografia della Fauna d'Italia di Paussinae e Carabinae ha dato un'impronta a tanti volumi successivi su insetti di questa collana, per la sua magistrale parte introduttiva e per la chiarezza delle descrizioni e delle figure di dettagli morfologici. Ugualmente significativi sono i lavori su calosomini etiopici, somali e messicani e sulle loro larve, nonché su larve e pupe della sottofamiglia Paussinae. Questa sottofamiglia di carabidi, prima erroneamente interpretata, lo affascinava sempre ed il lavoro sta ora continuando

attraverso Andrea Di Giulio, suo allievo più recente rispetto a noi. Sulle Paussinae vale ricordare in particolare un lavoro pubblicato nel 2003 su *Systematic Entomology* in cui vengono affrontate in una nuova luce le relazioni filogenetiche, così come un lavoro del 2007 sulla morfologia pupale, davvero poco nota. Tanti sono stati i lavori faunistici che hanno riguardato i carabidi di molte aree geografiche circummediterranee: in particolare ricordiamo delle sintesi con analisi biogeografiche sui popolamenti di Alpi occidentali, Dolomiti, settori antiappenninici, Sardegna, Sicilia e isole del Canale di Sicilia, e non dimentichiamo la costruzione in itinere delle Checklist della Grecia, dell'Anatolia, della Namibia, su cui accumulava dati, ma che non è mai riuscito a pubblicare in modo esteso. Al contrario, un punto di partenza per molti entomologi del nostro continente è la Checklist online dei Carabidae d'Europa, completata nel 2004 e su cui Augusto ha prodotto un aggiornamento nel 2010. La sua poliedricità nello studio dei carabidi è denotata anche dalle interessanti sintesi sinecologiche su comunità di questi artropodi in ambienti forestali come querceti xerotermici e submesofili, faggete, formazioni a conifere, pascoli cacuminali, e tanti altri su ambienti palustri planiziali e sistemi di paesaggio mediterranei, che non è mai riuscito a completare ma su cui ha lavorato moltissimo. Ancora, per concludere una difficile sintesi su questo tema, ricordiamo i lavori sulla *mimicry* tra Cicindelini e Graphipterini della Somalia, su cui uno di noi (MAB) spese insieme a lui tante belle ore di lavoro di campo, o le associazioni tra larve foretiche di meloidi del genere *Cyaneolytta* e Anthiini dal significato biologico ancora non chiarito, ovvero le parassitosi di funghi Laboulbeniales su Trechini sotterranei.

Per quanto attiene aspetti generali di Biogeografia (una cinquantina di contributi che si aggiungono a tanti di carattere misto tassonomico-biogeografico), Augusto ha pubblicato i già rammentati due lavori sui corotipi della Regione Paleartica occidentale ed in particolare del Vicino Oriente, che ancora sono prodotti scientifici molto citati. Un innovativo lavoro in questo campo è quello del 1978 con Cesare Baroni Urbani e Sandro Ruffo, "*Materiali per una biogeografia italiana fondata su alcuni generi di Coleotteri Cicindelidi, Carabidi e Crisomelidi*", per le Memorie della Società entomologica italiana, in cui tentò una nuova regionalizzazione biogeografica del mosaico faunistico del nostro Paese basata su criteri numerici più oggettivi. Ricordiamo come fosse oggi l'entusiasmo e la gioia con cui ricevette e aprì davanti a noi il pacco degli estratti cartacei, il giorno che arrivarono, donandocene una copia con dedica a noi, lì nel piccolo corridoio del secondo piano all'Istituto di Zoologia a Viale dell'Università, dove era il suo studio in quel periodo. Un altro tra i più interessanti contributi è relativo alle caratteristiche generali della fauna italiana, pubblicato (2002) con Sandro Ruffo nel volume del Touring Club Italiano, così come quello con Fabio Stoch sui corotipi della fauna italiana (2005); a questi si accompagna un lavoro bilingue sulle province faunistiche italiane, pubblicato nello stesso anno (e poi nel 2007) con Ruffo e Alessandro Minelli. Questo tema di ricerca, che come detto nasce dalla tradizione biogeografica italiana, è stato un filo conduttore di tutta l'attività di ricerca di Augusto e si riflette tuttora sulla scuola zoologica italiana.

In campo biospeleologico (11 pubblicazioni oltre a quelle numerose su carabidi cavernicoli e su gammaridi di acque sotterranee), Augusto ha pubblicato con uno di noi sugli Annali del Museo civico di Storia naturale "G. Doria" di Genova una monografia di 400 pagine sulla fauna cavernicola delle Alpi Liguri, cui farà seguito una rassegna della fauna cavernicola delle Alpi occidentali. Vogliamo altresì ricordare in questa sede i suoi tre capitoli della Encyclopaedia Biospeologica (Italie, 1994; Coleoptera Carabidae, 1998; Ethiopie, 2001).

I lavori di Ecologia animale (22), oltre a riguardare le tassocenosi a carabidi di ecosistemi italiani, hanno spaziato su aspetti molto vari e spesso si collegano ad indagini sulla conservazione della natura (16 oltre ad altre di carattere più trasversale). In questo campo Augusto si è occupato di temi di gestione di risorse ambientali o di individuazione e caratterizzazione di aree di elevato valore naturalistico. Qui rammentiamo in particolare, il capitolo sui Coleotteri Carabidi per i volumi delle serie *Conservazione Habitat Invertebrati*, pubblicati dal Centro per la Biodiversità Forestale di Bosco Fontana (Mantova), ed il manuale pubblicato dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, *"I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità"*.

La Museologia scientifica (circa 20 pubblicazioni più alcune di storia dell'Entomologia) è stato un argomento di interesse di AugustoVigna Taglianti, legato soprattutto all'incarico di Direttore del Museo di Zoologia della Sapienza, ricoperto per anni e sopra ricordato. Tra questi lavori vogliamo segnalare, in primo luogo, una serie di una quindicina di pubblicazioni edite tra il 1980 ed il 1987, relative ai musei zoologici dell'Università e del Comune di Roma, tra cui ci paiono meritevoli di nota due articoli nel volume "Roma Capitale 1870-1911" edito da Marsilio. Significativo anche un lavoro (1991) sul "*Nuovo ruolo dei Musei nella ricerca ambientale*" e l'articolo in collaborazione (1997) "*Misure. Idee per un museo della scienza",* a cura dell'Università degli Studi Sapienza.

Passando ai lavori sui vertebrati, sei riguardano uccelli, sia con segnalazioni faunistiche del 1974 sia con successivi studi eco-etologici sul gruccione, venti sono invece relativi a mammiferi, con il già ricordato terzo volume della serie dei Mammalia della Collana

Fauna d'Italia, ed il volume a carattere divulgativo "Il mondo dei mammiferi" del 1977, edito da Mondadori e tradotto in più lingue, oltre a specifici contributi sull'orso bruno marsicano (1980, 1985, 1992, 2003, 2008), ed altre note, soprattutto sulla predazione di micromammiferi da parte di strigiformi, nonché sulla biologia della lontra.

Infine, 50 altri lavori sono di varia natura, a denotare l'ampia cultura naturalistica e conservazionistica di Augusto, e la sua grande curiosità zoologica. Tra questi ci fa piacere ricordare uno studio di resti fossili o subfossili di artropodi da scavi archeologici, note faunistiche ed ecologiche su ditteri e sul genere di mecotteri *Boreus*, alcune recensioni e ricordi di importanti naturalisti (tra cui Felice Capra e Sandro Ruffo, suoi indiretti maestri), nonché sintesi di storia dell'Entomologia (per esempio quella del 2004 all'Accademia delle Scienze o del 1980 pubblicata negli Atti del Congresso nazionale di Entomologia di Roma) e di esplorazioni zoologiche, con particolare riferimento al Vicino Oriente. In ultimo volutamente ricordiamo il suo agile volume del 2000 "Fauna d'Oc", che presenta un attento esame, con intento anche divulgativo, degli animali delle valli occitane del Piemonte, ricco di bellissime foto in gran parte da lui stesso realizzate, una sintesi del suo amore per le sue terre e per la loro natura.

A conclusione di questa sintesi ci piace ricordare Augusto anche come naturalista con programmi naifs ed autoironici di esplorazione in solitario (da giovane ci raccontava spesso di una sua fantasia "*on the road*", di partire prima o poi per l'Anatolia a caccia di Carabidi con una motrice di camion dotata solo di una cuccetta per dormire e pochi altri comfort), il "vecchio" naturalista che guardava talvolta con malcelato sospetto alcuni di noi affacciarsi anche su campi da lui mai molto amati quali la biologia molecolare e la bioinformatica e, non ultimo, il "padre brontolone", che ogni tanto ci rimproverava per le nostre vite giovanili più "movimentate" di quanto a lui sembrasse lecito…

Insomma, Augusto è stato un uomo e un docente con grande personalità, autorevole, ma non autoritario, con i suoi alti e bassi di umore, con i suoi pregi e i suoi difetti, che sempre coinvolgeva quelli che gli erano accanto, e noi tra loro, non solo nel lavoro, nella professionalità, ma anche nel "quotidiano", nei suoi dubbi, nelle sue ansie, nelle sue insicurezze, tanto quanto nei suoi entusiasmi e nella sua gioia. Quelle sue manifestazioni forse erano un suo modo di farci sentire la sua presenza. Forse erano un suo modo di renderci partecipi. Di tenerci uniti a lui e di tenerci uniti tra di noi (come sempre è stato, forse non per caso). Noi, come magari tanti altri (Fig. 10).

Fig. 10 – Sambuco, Alpi Cozie (CN): "*anduma a munt*" (agosto 2017).

ELENCO DEI TAXA ANIMALI DESCRITTI DA AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI SECONDO LA GRAFIA ORIGINALE, INDIPENDENTEMENTE DALLA LORO ATTUALE IDENTITÀ TASSONOMICA

Crustacea Amphipoda

Generi

Gammaropisa Ruffo e Vigna Taglianti, 1988
Ilvanella Vigna Taglianti, 1972
Parhadzia Vigna Taglianti, 1988

Sottogeneri

Ingolfiella (*Antilleella*) Ruffo e Vigna Taglianti, 1989
Ingolfiella (*Tethydiella*) Ruffo e Vigna Taglianti, 1989
Ingolfiella (*Tyrrhenidiella*) Ruffo e Vigna Taglianti, 1989

Specie

Bogidiella arganoi Ruffo e Vigna Taglianti, 1973
Bogidiella holsingeri Ruffo e Vigna Taglianti, 1973
Bogidiella ichnusae Ruffo e Vigna Taglianti, 1975
Bogidiella michaelae Ruffo e Vigna Taglianti, 1977
Bogidiella niphargoides Ruffo e Vigna Taglianti, 1977
Bogidiella orchestipes Ruffo e Vigna Taglianti, 1977
Bogidiella pasquinii Ruffo e Vigna Taglianti, 1977
Bogidiella sbordonii Ruffo e Vigna Taglianti, 1973
Bogidiella vomeroi Ruffo e Vigna Taglianti, 1977
Gammaropisa arganoi Ruffo e Vigna Taglianti, 1988
Ilvanella inexpectata Vigna Taglianti, 1972
Ingolfiella (*Tyrrhenidiella*) *cottarellii* Ruffo e Vigna Taglianti, 1989
Niphargus (*s. str*.) *romuleus* Vigna Taglianti, 1968
Niphargus cornicolanus Iannilli e Vigna Taglianti, 2004
Niphargus stefanellii Ruffo e Vigna Taglianti, 1968
Parhadzia sbordonii Vigna Taglianti, 1988

Sottospecie

Niphargus elegans pasquinii Vigna Taglianti, 1966 (oggi buona specie)
Niphargus orcinus parenzani Ruffo e Vigna Taglianti, 1968 (oggi buona specie)
Niphargus orcinus patrizii Ruffo e Vigna Taglianti, 1968 (oggi buona specie)

Dermaptera

Specie

Chelidurella caprai Vigna Taglianti, 1993
Chaetospania rossii Vigna Taglianti, 1990
Esphalmenus whymperi Vigna Taglianti, 2008
Forficula brignolii Vigna Taglianti, 1974
Isolabis botanica Vigna Taglianti, 1994
Nala rossii Vigna Taglianti, 1994
Pseudochelidura galvagnii Vigna Taglianti, 1999

Coleoptera Carabidae

Generi

Chiapadytes Vigna Taglianti, 1977
Doderotrechus Vigna Taglianti, 1968
Guizhaphaenops Vigna Taglianti, 1997
Lessinodytes Vigna Taglianti, 1982
Mayaphaenops Vigna Taglianti, 1977
Sbordoniella Vigna Taglianti, 1980
Tauroderus Casale e Vigna Taglianti, 1984

Sottogeneri

Trechus (*Minitrechus*) Vigna Taglianti e Magrini, 2009
Trechus (*Archeotrechus*) Magrini, Quéinnec e Vigna Taglianti, 2012

Specie

Bembidion (*Ecuadium*) *agonoides* Vigna Taglianti e Toledano, 2008
Bembidion demeyeri Bonavita, Toledano, Maddison e Vigna Taglianti, 2016
Bembidion gorilla Bonavita, Toledano, Maddison e Vigna Taglianti, 2016
Bembidion uhligi Bonavita, Toledano, Maddison e Vigna Taglianti, 2016
Bembidionetolitzkya (*Bembidionetolitzkya*) *toubkalense* Bonavita e Vigna Taglianti, 2018
Carabus (*Apotomopterus*) *robustoelegans* Deuve e Vigna Taglianti, 1992
Carabus (*Carabus*) *ludingensis* Deuve e Vigna Taglianti, 1992
Carabus (*Sphodristocarabus*) *keltepensis* Vigna Taglianti, Bruschi, 1976 (ora sottospecie)
Chiapadytes bolivari Vigna Taglianti, 1977
Cychropsis gongga Deuve e Vigna Taglianti, 1992
Doderotrechus casalei Vigna Taglianti, 1968
Duvalius (*Duvaliotes*) *bortesii* Casale e Vigna Taglianti, 1984
Duvalius (*Duvalius*) *antonellae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *aroaniae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *bonzanoi* Casale e Vigna Taglianti, 1990
Duvalius (*Duvalius*) *bruschii* Vigna Taglianti, 1999 (*Duvalius bruschii* Vigna Taglianti, 1980 *nomen nudum*)
Duvalius (*Duvalius*) *calandrii* Casale e Vigna Taglianti, 1990
Duvalius (*Duvalius*) *comottii* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *fulvii* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *gabriellae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *gabriellavernae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1999 *nomen novum pro Duvalius* (*Duvalius*) *gabriellae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *giachinoi* Casale e Vigna Taglianti, 1990
Duvalius (*Duvalius*) *graecus* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996

Duvalius (*Duvalius*) *iuliae* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *lucarellii* Casale e Vigna Taglianti, 1990
Duvalius (*Duvalius*) *merisioi* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Duvalius*) *occitanus* Casale e Vigna Taglianti, 1993
Duvalius (*Duvalius*) *smolikanus* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Euduvalius*) *ruffoanus* Casale, Giachino, Vailati e Vigna Taglianti, 1996
Duvalius (*Paraduvalius*) *germanae* Casale e Vigna Taglianti, 1990
Duvalius (*s. str.*) *genesti* Casale e Vigna Taglianti, 1984
Duvalius auruncus Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius ausonicus Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius avoni Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius brandmayri Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius carchinii Vigna Taglianti, Magrini e Vanni, 1993
Duvalius dattii Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius franziniorum Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius hartigi Magrini, Baviera e Vigna Taglianti, 2006
Duvalius iulianae Vigna Taglianti e Casale, 1973
Duvalius latellai Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius lydiae Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius nardii Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Duvalius petriolii Magrini, Baviera e Vigna Taglianti, 2006
Duvalius phoenicius Vigna Taglianti, 1973
Duvalius sbordonii Vigna Taglianti, Genest e Sciaky, 1980
Geocharidius zullinii Vigna Taglianti, 1973 [n.b.: in IV di copertina dell'estratto la data di stampa è 1974]
Guizhaphaenops zorzini Vigna Taglianti, 1997
Jujiroa iolandae Vigna Taglianti, 1995
Laemostenus (*Antisphodrus*) *agnolettii* Vigna Taglianti, 1999 (= *Antisphodrus agnolettii* Vigna Taglianti, *i.l.*, 1980 *nomen nudum*)
Laemostenus (*Antisphodrus*) *patrizii* Vigna Taglianti, 1999 (= *Antisphodrus patrizii* Vigna Taglianti *i.l.*, 1980 *nomen nudum*)
Laemostenus (*Antisphodrus*) *zoiai* Casale e Vigna Taglianti, 1999
Laemostenus (*Pristonychus*) *scakyi* Casale e Vigna Taglianti, 1999
Lessinodytes caoduroi Vigna Taglianti, 1982
Lessinodytes glacialis Vigna Taglianti e Sciaky, 1988
Lessinodytes pivai Vigna Taglianti e Sciaky, 1988
Mayaphaenops sbordonii Vigna Taglianti, 1977
Ocydromus (*Bembidionetolitzkya*) *cassolai* Bonavita e Vigna Taglianti, 1993
Ocydromus (*Bembidionetolitzkya*) *eleonorae* Bonavita e Vigna Taglianti, 1993
Ocydromus (*Nepha*) *bicikensis* Bonavita e Vigna Taglianti, 2010
Ocydromus (*Nepha*) *mauritii* Bonavita e Vigna Taglianti, 2010
Ocydromus (*Nepha*) *syropalaestinus* Bonavita e Vigna Taglianti, 2010
Ocys angelae Magrini e Vigna Taglianti, 2006
Ocys gubellinii Magrini e Vigna Taglianti, 2006
Ocys monzinii Magrini e Vigna Taglianti, 2006
Ocys tassii Vigna Taglianti, 1995
Orotrechus gigas Vigna Taglianti, 1981
Sbordoniella indagi Vigna Taglianti, 1980
Tauroderus bolognai Casale e Vigna Taglianti, 1984
Trechus (*Archeotrechus*) *relictus* Magrini, Quéinnec e Vigna Taglianti, 2012
Trechus (*Minitrechus*) *gypaeti* Vigna Taglianti e Magrini, 2009
Trechus (*s. str.*) *ericalis* Magrini, Quéinnec e Vigna Taglianti, 2013
Trechus (*s. str.*) *sbordonii* Vigna Taglianti, 1967
Trechus osellai Battoni e Vigna Taglianti, 1994
Troglocimmerites pasquinii Vigna Taglianti, 1977
Typhlocharis besucheti Vigna Taglianti, 1973
Typhloreicheia arganoi Vigna Taglianti, 2001
Winklerites tokatensis Vigna Taglianti, 1976

Sottospecie

Carabus granulatus calabricus Spettoli e Vigna Taglianti, 2001
Duvalius iulianae morisii Vigna Taglianti e Casale, 1973 (actually good species)
Duvalius virginiae marinae Vigna Taglianti e Magrini, 2008
Ocydromus (*Nepha*) *schmidti jannellianus* Casale e Vigna Taglianti, 1993 *nomen novum* per *Peryphus* (*Nepa*) *jeanneli* Alluaud, 1939
Ocydromus (*Peryphus*) *alticola lagae* Neri e Vigna Taglianti, 2010

Lista dei taxa dedicati ad Augusto Vigna Taglianti (in ordine alfabetico)

Taxon, Autore/i e anno di pubblicazione, ordine (o altro rango tassonomico) e famiglia, area geografica

Agathidium vignai Angelini e De Marzo, 1984, Coleoptera Leiodidae, Africa
Ampedus vignai Guglielmi e Platia, 1985, Coleoptera Elateridae, Grecia
Bacillopsis vignai Pace, 1979, Coleoptera Staphylinidae, Sardegna
Bathysciola (*Bathysciola*) *vignai* Sbordoni e Rampini, 1978, Coleoptera Cholevidae, Italia centrale

Bembidion (*Equadion*) *vignai* Moret e Toledano, 2002, Coleoptera Carabidae, Ecuador
Blennidus vignai Moret, 2005, Coleoptera Carabidae, Ecuador
Calathus vignatagliantii F. Battoni, 1986, Coleoptera Carabidae, Anatolia
Calleida vignai Casale, 2008, Coleoptera Carabidae, Ecuador
Carabus tenuitarsis vignatagliantii Breuning e Ruspoli, 1977, Coleoptera Carabidae, Anatolia
Cathaiaphaenops vignatagliantii Deuve, 2000, Coleoptera Carabidae, Cina
Chelidurella vignai Galvagni, 1995, Dermaptera Forficulidae, Alpi orientali
Chrysolina (*Paradiachalcoidea*) *vignai,* Daccordi, 1978, Coleoptera Chrysomelidae, Etiopia
Coelotes vignai Brignoli, 1978, Araneae, Agelenidae, Anatolia
Cybaeus vignai Brignoli, 1977, Araneae, Cybaeidae, Alpi occidentali
Cychrus vignai Cavazzuti, 2011, Coleoptera Carabidae, Cina
Cylindropsis vignai Pace, 1979, Coleoptera Staphylinidae, Italia centrale
Dysommatus vignai Osella, 1978, Coleoptera Curculionidae, Etiopia
Dasypolia vignai Ronkay e Zilli, 1993, Lepidoptera Noctuidae, Cina
Dichotrachelus vignai Osella, 1968, Coleoptera Curculionidae, Alpi occidentali
Dina vignai Minelli, 1978, Hirudinea Erpobdellidae, Anatolia
Discolus desultor vignai Moret, 2005, Coleoptera Carabidae, Ecuador
Duvalius (*Duvalius*) *vignai* Casale, 1983, Coleoptera Carabidae, Macedonia
Dysdera vignai Gasparo, 2003, Araneae, Dysderidae, Libano
Entomoculia (*Entomoculia*) *vignai* Pace, 1991, Coleoptera Staphylinidae, Is. Pontine
Euscorpius vignai Tropea, Fet, Parmakelis, Kotsakiozi e Stathi, 2014 Scorpiones Euscorpiidae, Grecia
Epuraea vignai Audisio, 1978, Coleoptera Nitidulidae, Etiopia
Gammarus vignai Pinkster e Karaman, 1978, Amphipoda Gammaridae, Anatolia
Geocharidius vignai Erwin, 1982, Coleoptera Carabidae, Messico
Haplodrassus vignai Di Franco, 1996, Araneae, Gnaphosidae, Italia centrale
Harpactea vignai Brignoli, 1978, Araneae, Dysderidae, Anatolia
Harpolithobius vignatagliantii Zapparoli, 1989, Chilopoda Lithobiidae, Anatolia
Hystopona vignai Brignoli, 1980, Araneae, Agelenidae, Grecia
Laboulbenia vignai Rossi, 1978, Ascomycetes, Laboulbeniaceae, Anatolia
Laemostenus (*Actenipus*) *vignai* Casale, 1988, Coleoptera Carabidae, Grecia
Lathrobium vignai Bordoni, 1998, Coleoptera Staphylinidae, Italia centrale
Leistus vignai Sciaky, 1995, Coleoptera Carabidae, Cina
Lepinistichus vignai Manicastri e Taiti, 1983, Isopoda, Cylisticidae, Italia centrale
Leptyphantes vignai Brignoli, 1971, Araneae, Linyphiidae, Yugoslavia
Lithobius vignai Matic, 1967, Chilopoda Lithobiidae, Alpi centrali
Lobothespis vignai La Greca e Lombardo, 1987, Mantodea Mantidae, Iran (Sistan)
Lobolampra vignai Failla e Messina, 1989, Blattaria Ectobiidae, Marocco
Maladera vignai Sabatinelli, 1977, Coleoptera Melolonthidae, Anatolia
Mastigonodesmus vignai Strasser, 1974, Diplopoda Polydesmidae, Sardegna
Megabunus vignai Martens, 1978, Opiliones Phalangiidae, Alpi occidentali
Meloe (*Eurymeloe*) *vignai* Bologna, 1990, Coleoptera Meloidae, Afars e Issas
Nepaloserica vignai Ahrens e Sabatinelli, 1996, Coleoptera Melolonthidae, Nepal
Ophonus vignai Sciaky, 1987, Coleoptera Carabidae, Grecia
Otiorhynchus (*Dorymerus*) *vignai* Osella e Zuppa, 1994, Coleoptera Curculionidae, Italia centrale
Pachyteles vignai Deuve, 2000, Coleoptera Carabidae, Ecuador
Paracobitis vignai Nalbant e Bianco, 1998, Pisces Balitoridae, Iran (Sistan)
Paracoptochirus vignai Carpaneto e Piattella, 1990, Coleoptera Aphodiidae, Grecia
Paraschizidium vignai Argano e Utzeri, 1973, Isopoda Oniscidea Armadillidiidae, Isole Pontine
Pelonomites vignai Zaballos e Casale, 1998, Coleoptera Carabidae, Kenya
Platyderus vignai, Guéorguiev, 2009, Coleoptera Carabidae, Italia
Plectogona vignai Strasser, 1970, Diplopoda Craspedosomatidae, Alpi occidentali
Popillia vignai Sabatinelli, 1994, Coleoptera Rutelidae, Bhutan
Proasellus vignai Argano e Pesce, 1977, Isopoda Asellota Asellidae, Italia centrale
Protopaussus vignai Nagel, 2018, Coleoptera Carabidae, Nepal
Raymondiellus vignai Osella, 1977, Coleoptera Curculionidae, Sardegna
Rhachomyces vignai W. Rossi e Cesari, 1974, Ascomycetes, Laboulbeniaceae, Italia

Rilaena augusti Chemini, 1986, Opiliones Phalangiidae, Italia centrale
Scotonomus vignai Binaghi, 1970, Coleoptera Staphylinidae, Italia centrale
Silesis vignai Platia e Schimmel, 1991, Coleoptera Elateridae, Nepal
Spermophorodrilus vignai Omodeo e Rota, 1989, Oligochaeta Lumbricidae, Anatolia
Stomis vignai Sciaky, 1998, Coleoptera Carabidae, Cina
Straneostichus vignai Sciaky, 1994, Coleoptera Carabidae, Cina
Tegenaria vignai Brignoli, 1978, Araneae, Agelenidae, Anatolia
Trechus vignai Casale, 1979, Coleoptera Carabidae, Nepal
Trigonognatha vignai Casale e Sciaky, 1994, Coleoptera Carabidae, Cina
Troglohyphantes vignai Brignoli, 1971, Araneae, Linyphiidae, Alpi occidentali
Tychobythinus vignai Besuchet, 1978, Coleoptera Pselaphidae, Anatolia
Typhloreicheia vignai Magrini, 2003, Coleoptera Carabidae, Sardegna
Vulda vignai Bordoni, 1973, Coleoptera Staphylinidae, Anatolia
Xestagonum vignai J. Schmidt, 1998, Coleoptera Carabidae, Cina
Zabrus vignai Freude, 1990, Coleoptera Carabidae, Algeria

Elenco delle pubblicazioni di Augusto Vigna Taglianti (1959-2019)
(* abstracts congressuali)

1. Vigna Taglianti A., 1959 – *La vita estinta in grotte e caverne*. Il Mondo Ipogeo: 37-38.
2. Vigna Taglianti A., 1964 – *Sul rinvenimento di* Carterus rotundicollis *Rambur in Piemonte (Coleoptera Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 19: 37.
3. Vigna Taglianti A., 1965 – *Reperti*. Carabus glabratus latior *Born (Coleoptera Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 20: 60.
4. Vigna Taglianti A., 1966 – *Nuovi dati sulla diffusione del genere* Niphargus *nel Lazio e nelle regioni limitrofe (Crustacea Amphipoda)*. - Notiziario del Circolo speleologico romano, 11 (12): 25-30.
5. Vigna Taglianti A., 1966 – *Sulla presenza di* Niphargus *del gruppo* elegans *nell'Italia appenninica (Amphipoda, Gammaridae)*. - Archivio zoologico italiano, 51: 863-876.
6. Vigna Taglianti A., 1967 – Trechus *dei Monti Elburs (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 4: 199-209.
7. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1967 – *Sulla presenza di Gammaridi (Crust. Amphipoda) a distribuzione orientale nelle acque dolci dell'Italia centro-meridionale*. - Archivio botanico e biogeografico italiano, 43, (4) 12 (4): 57-66.
8. Vigna Taglianti A., 1967 – *Note su alcuni Carabidae (Coleoptera) della regione pugliese*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 22: 50-51.
9. Vigna Taglianti A., 1967 – *La larva del* Duvalius lepinensis *(Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 5: 153-163.
10. Vigna Taglianti A., 1968 – *Un nuovo genere di Trechinae endogei e cavernicoli delle Alpi Occidentali (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 5: 181-201.
11. Vigna Taglianti A., 1968 – *Un nuovo* Niphargus *(Amphipoda Gammaridae) delle acque sotterranee di Roma e considerazioni sulla sistematica e biogeografia dei* Niphargus *italiani*. - Archivio zoologico italiano, 52 (1967): 331-343.
12. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1968 – *Alcuni* Niphargus *delle acque sotterranee dell'Italia centro-meridionale e considerazioni sulla sistematica del gruppo* orcinus *(Amphipoda, Gammaridae)*. - Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, 16: 1-29, 1 tav.
13. Vigna Taglianti A., 1968 – *Studi sui Dermatteri. I. Osservazioni sistematiche e corologiche su* Forficula obtusangula *Krauss (Dermaptera Forficulidae)*. Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, 16: 31-38.
14. Vigna Taglianti A., 1968 – *Considerazioni sulla coleotterofauna cavernicola del Piemonte*. - Archivio botanico e biogeografico italiano, 44, (4) 12 (4): 251-264.
15. Vigna Taglianti A., Follis G., 1968 – *Due nuove grotte del Cuneese e la loro fauna*. - Notiziario del Circolo speleologico romano, 13 (17): 13-21.
16. Vigna Taglianti A., 1969 – *Su* Trechus pumilus *Jeannel e* Trechus sinuatus *Schaum (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 6: 201-211.
17. Vigna Taglianti A., 1969 – *Un nuovo* Doderotrechus *cavernicolo delle Alpi Occidentali (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 6: 253-269.
18. Vigna Taglianti A., 1970 – *Osservazioni su alcuni* Duvalius *appenninici (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 7: 45-54.
19. Vigna Taglianti A., Cottarelli V., Argano R., 1969 – *Messa a punto di metodiche per la raccolta della fauna interstiziale e freatica*. - Archivio botanico e biogeografico italiano, 45, (4) 14 (4): 375-380, 1 tav.
20. Vigna Taglianti A., 1972 – *Le attuali conoscenze sul genere* Niphargus *in Italia (Crustacea, Amphipoda)*. Actes Ier Colloque int. genre *Niphargus*, Verona, 1969, - Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, (f.s.) 5: 11-23.
21. Vigna Taglianti A., 1972 – *The Trechinae of the Italian Zoological Expedition to Mexico, 1969 (Coleoptera, Carabidae)*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 171 (1): 117-128.
22. Vigna Taglianti A., 1972 – *Un nuovo Gammaride di acque sotterranee:* Ilvanella inexpectata *n. gen. n. sp., dell'Isola d'Elba (Crustacea, Amphipoda)*. - Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, 19 (1971): 39-56.
23. Vigna Taglianti A., 1973 – *Una nuova specie di* Duvalius *del Libano (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 8: 275-287.
24. Vigna Taglianti A., 1973 – *Un nuovo* Typhlocharis *di Spagna (Coleoptera Carabidae)*. - Bollettino della Società entomologica italiana, 104: 148-156.
25. Vigna Taglianti A., Casale A., 1973 – *Due nuovi* Duvalius *delle Alpi Liguri e considerazioni sul gruppo del* Duvalius carantii *(Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 9: 109-134.
26. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1973 – *Three new*

subterranean Bogidiella *from Mexico and Guatemala (Crustacea, Amphipoda)*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 171 (2): 105-133.

27. Vigna Taglianti A., 1973 – *The Anillini of Mexico and Guatemala (Coleoptera, Carabidae)*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 171 (2): 307-324.

28. Vigna Taglianti A., 1973 – *Considerazioni sui Carabidi cavernicoli ed endogei dell'Asia Minore (Coleoptera, Carabidae)*. - International Journal of Speleology, 5: 349-360.

29. Vigna Taglianti A., 1973 – Endemismi italiani. 11. Italaphaenops dimaioi *Ghidini (Col. Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 27 (1972) (1-2): i-ii di copertina.

30. Vigna Taglianti A., 1973 – *Ricerche biospeleologiche in Etiopia*. - Notiziario del Circolo speleologico romano, 18: 48-49.

*31. Vigna Taglianti A., 1973 – *Cave - Anillini*. - 6th International Congress of Speleology, Olomouc, 1973, Abstracts: 153-154.

32. Vigna Taglianti A., 1974 – *Studi sui Dermatteri. II. Una nuova* Forficula *del Medio Oriente (Dermaptera, Forficulidae)*. - Fragmenta entomologica, 10: 53-60.

33. Vigna Taglianti A., 1974 – *Endemismi italiani. 13.* Eucarabus italicus rostagnoi *Luigioni (Col. Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 28 (1973) (1-2): i-ii di copertina.

34. Bologna G., Petretti F., Vigna Taglianti A., 1974 – *Sul Falco pescatore* - Pandion haliaetus *(L.) - e sul Mignattaio* - Plegadis falcinellus *(L.)*. - Rivista italiana di Ornitologia, (2) 44: 153-155.

35. Vigna Taglianti A., 1974 – *Endemismi italiani. 14.* Pseudochelidura orsinii *Gené (Dermaptera Forficulidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 28 (1973) (3-4): i-ii di copertina.

36. Bologna G., Petretti F., Vigna Taglianti A., 1974 – *Avvistamento di Pellicano riccio (*Pelecanus crispus *Bruch) al Rifugio Faunistico del Lago di Burano (Grosseto)*. - Rivista italiana di Ornitologia, (2) 44: 315-317.

37. Pesce G.L., Vigna Taglianti A., 1975 – *I* Niphargus *dell'Appennino centrale (Amphipoda, Gammaridae)*. - Atti 2° Convegno di Speleologia Abruzzese, L'Aquila, 9 dicembre 1973, Quaderni del Museo di Speleologia "V. Rivera", 2: 109-120.

38. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1975 – *Una nuova* Bogidiella *della Sardegna (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae)*. - Fragmenta entomologica, 11: 73-82.

39. Vigna Taglianti A., 1975 – *Studi sui Dermatteri. III. I Dermatteri delle Isole Ponziane*. - Fragmenta entomologica, 11: 203-211.

40. Contoli, L., Bullini L., Cipparone M., De Martiis M., Di Carlo E.A., Montelucci G, Palladino S., Sbordoni V., Sommani E., Spada F., Veri L., Vigna Taglianti A., 1975 – *Cartografia delle aree di particolare valore naturalistico nel Lazio*. - Giunta Regionale Lazio, Eurograf, Roma, 1: 28 tavv., 2: 47 pp.

41. Vigna Taglianti A., 1976 – *Un nuovo Anillino dell'Asia Minore (Coleoptera, Carabidae).* - Revue suisse de Zoologie, 83: 373-379.

42. Casale, A., Vigna Taglianti A., 1976 – *Note su* Italaphaenops dimaioi *Ghidini (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 2 (1975): 293-314.

43. Vigna Taglianti A., 1976 – *Gli Anfipodi sotterranei dell'Arcipelago Toscano*. - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 5 (1974): 375-383.

44. Vigna Taglianti A., Bruschi S., 1976 – *Un nuovo* Sphodristocarabus *di Turchia (Coleoptera, Carabidae).* - Fragmenta entomologica, 12: 207-220.

45. Vigna Taglianti A., Franzini G., 1976 – *Osservazioni su* Agelaea fulva *Genè (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 12: 273-283.

46. Contoli L., Tizi L., Vigna Taglianti A., 1977 – *Micromammiferi dell'Appennino Marchigiano da boli di rapaci*. - Atti V Simposio nazionale di Conservazione della Natura, Bari, 1975, 2: 85-96.

47. Vigna Taglianti A., 1977 – *Un nuovo Trechino endogeo di Turchia (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 13: 41-52.

48. Costantini L., Tosi M., Vigna Taglianti A., 1977 – *Typology and socioeconomical implications of entomological finds from some ancient Near Eastern sites*. - Paleorient, 3: 247-258.

49. Baroni Urbani C., Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1978 – *Materiali per una biogeografia italiana fondata su alcuni generi di Coleotteri Cicindelidi, Carabidi e Crisomelidi*. - Memorie della Società entomologica italiana, 56 (1977): 35-92, 1 tav.

50. Vigna Taglianti A., 1977 – *Studio per la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Trasimeno. 3. Aspetti naturalistici e paesaggistici. 2. Fauna*. - Ministero AA. FF. - Italconsult, Roma: 67-139.

51. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1977 – *Secondo contributo alla conoscenza del genere* Bogidiella *in Messico e Guatemala (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae).* - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 171 (3): 125-172.

52. Vigna Taglianti A., 1977 – *Due nuovi Trechini troglobi del Messico meridionale e del Guatemala (Coleoptera, Carabidae)*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 171 (3): 325-339.

53. Vigna Taglianti A., 1977 – *Recensioni. Eastop, V.F. and Hille Ris Lambers, D. Survey of the World's Aphids, Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1976.* - Scientia, 71 (112): 560-561.

54. Vigna Taglianti A., 1977 – *Recensioni. Jacobs, W. and Seidel, F. Systematische Zoologie: Insekten, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 1975.* - Scientia, 71 (112): 561-563.

55. Vigna Taglianti A., 1977 – *Il mondo dei mammiferi*. - Mondadori, Milano, 255 pp.

56. Basile S., Contoli L., Palladino S., Sbordoni V., Sebasti R., Tammaro F., Veri L., Vigna Taglianti A., 1978 – *Programma di ricerca territoriale sulle aree naturali da proteggere. II - Carte regionali dei biotopi. Abruzzo*. - C.N.R. - Ministero LL. PP., Roma, 42 pp., 1 carta.

57. Vigna Taglianti A., 1978 – *Recensioni. Harz, K. and Kaltenbach, A., Die Orthopteren Europas, Vol. 3, Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1976.* - Scientia, 71 (112): 882-884.

58. Brignoli P.M., Consiglio C., Cottarelli V., Vigna Taglianti A., 1978 – *General remarks about the first and second zoological expeditions to Ethiopia, organized by the Accademia Nazionale dei Lincei*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 243 (1): 5-25, 10 tavv.

*59. Vigna Taglianti A., 1978 – *Le attuali conoscenze sui Coleotteri Carabidi cavernicoli italiani.* - Biogeografia delle caverne italiane, XXII Congresso della Società italiana di Biogeografia, Verona, 1978, Riassunti: 42-45.

*60. Rossi W., Vigna Taglianti A., 1978 – *Considerazioni sulle Laboulbeniali (Ascomycetes) parassite dei* Duvalius

italiani (Coleoptera, Carabidae). - Biogeografia delle caverne italiane, XXII Congresso della Società italiana di Biogeografia, Verona, 1978, Riassunti: 46-47.

*61. Bologna M.A., Bonzano C., Vigna Taglianti A., 1978 – *Il popolamento cavernicolo delle Alpi occidentali.* - Biogeografia delle caverne italiane, XXII Congresso della Società italiana di Biogeografia, Verona, 1978, Riassunti: 56-59.

62. Colonnelli A., Vigna Taglianti A., 1979 – *Marcello Cerruti (1908-1978).* - Fragmenta entomologica, 15: 1-6.

63. Vigna Taglianti A., 1979 – *Pattedyrenes verden*. - Schibsted, Oslo, 256 pp.

64. Vigna Taglianti A., 1979 – *The World of Mammals*. - Sampson Low, Berkshire, 256 pp.

65. Rossi W., Vigna Taglianti A., 1979 – *Considerazioni sulle Laboulbeniali (Ascomycetes) parassite dei* Duvalius *italiani (Coleoptera, Carabidae, Trechini).* - Fragmenta entomologica, 15: 7-15.

66. Vigna Taglianti A., 1979 – Recensioni. *Thiele, H.-U., Carabid Beetles in Their Environments, Springer-Verlag, Berlin, 1977.* - Scientia, 73 (114), suppl.: 112-115.

67. Vigna Taglianti A., 1980 – *The World of Mammals*. - Abbeville Press, New York, 256 pp.

68. Vigna Taglianti A., 1980 – (Relazione su Progetto Laghi costieri). - Atti del Convegno "Progetto laghi costieri", Sabaudia, 1980, Regione Lazio, Amministrazione Provinciale di Latina: 19-25.

69. Vigna Taglianti A., 1980 – *Marcello Cerruti*. - Notiziario del Circolo speleologico romano, 23 (1978): 3-5.

70. Bullini L., Contoli L., Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 1980 – *Specie animali in pericolo e pianificazione del territorio*. - Atti Convegno int. "Provvedimenti per le specie animali in pericolo", C.N.R., Roma, 1976: 18-28.

71. Vigna Taglianti A., 1980 – *(Relazione introduttiva)*. – In: Caccia, natura e ambiente, Atti Assise nazionale ARCI Caccia, Bologna, 1980: 13-30.

72. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 1980 – *Osservazioni preliminari sull'entomofauna dei Monti Lucretili e suo significato eco-biogeografico*. - In: Monti Lucretili - invito alla lettura del territorio, De Angelis G. e Lanzara P- Eds, Provincia di Roma - Club Alpino Italiano - Italia Nostra, Roma: 97-104. (2a ed. 1983: 115-122; 3a ed. 1988: 187-194)

73. Manelli E., Vigna Taglianti A., 1980 – *Il Museo dell'Istituto di Zoologia*. - Bollettino della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, Università di Roma, 3: 59-70.

74. Vigna Taglianti A., Genest L., Sciaky R., 1980 – *Un nuovo* Duvalius *cavernicolo dell'isola di Creta (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 15: 295-303.

75. Vigna Taglianti A., 1980 – *Un nuovo* Orotrechus *delle Prealpi venete (Coleoptera, Carabidae).* - Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 7: 69-84.

76. Vigna Taglianti A., 1980 – *Nouvelles données sur la systématique et la répartition géographique des Coléoptères Carabiques cavernicoles et endogés du Proche-Orient (Coleoptera, Carabidae).* - Mémoires de Biospéologie, 7: 163-172.

77. Vigna Taglianti A., 1981 – *Rewiews/Recensioni. Etologia di campagna di S. Lovari, Universale Scientifica Boringhieri, Torino, 266 pp., 35 figg., 1980.* - Bollettino di Zoologia, 48: 75-76.

78. Vigna Taglianti A., 1982 – *La struttura dei Mammiferi. Vita di relazione e comportamento. Classificazione dei Mammiferi*. - Grande Enciclopedia Illustrata degli Animali, Mammiferi 1, Mondadori, Milano: 9-36.

79. Vigna Taglianti A., 1982 – *Coleotteri. Coleotteri Adefagi e Lucciole*. - Grande Enciclopedia Illustrata degli Animali, Invertebrati 3, Mondadori, Milano: 9-18; 21-23; 33-36.

80. Casale A., Sturani M., Vigna Taglianti A., 1982 – *Coleoptera. Carabidae. I. Introduzione, Paussinae, Carabinae*. - Fauna d'Italia, 18. Calderini, Bologna, xii + 499 pp.

81. Brandmayr P., con la collaborazione di: E. Balletto, M. Biondi, G.M. Carpaneto, D. Caruso, A. Focarile, S. Forestiero, B.M. Lombardo, G. Osella, A. Vigna Taglianti, M.T. Vinciguerra, 1982 – *Ricerca pilota sulle zoocenosi ad invertebrati di un settore delle Dolomiti. I.* - Animalia, 7 (1980): 163-187.

82. Vigna Taglianti A., 1982 – *I Musei zoologici romani*. - Atti 3° Congresso A.N.M.S., Trento, 1980: 78-84.

83. Vigna Taglianti A., 1982 – *Uso didattico dei Musei scientifici, Orti botanici, Osservatori astronomici, Giardini zoologici. V Commissione. Relazione introduttiva*. - 5° Convegno nazionale C.I.D.I., CIDI Quaderni, 13: 139-149.

84. Vigna Taglianti A., 1982 – *Principi di gestione per le specie non oggetto di caccia*. - Convegno "La caccia negli anni '80: gestione della fauna e organizzazione del territorio", U.N.A.V.I., Roma, 1981: 70-77.

85. Audisio P.A., Baldari F., Belfiore C., Biondi M., Bologna M.A., Manicastri C, Taiti S., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 1982 – *Una ricerca zoologica sul territorio: L'Abruzzo teramano*. - Antropologia contemporanea, 5: 103-106.

86. Vigna Taglianti A., 1982 – *Le attuali conoscenze sui Coleotteri Carabidi cavernicoli italiani*. - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 7 (1978): 339-430.

87. Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 1982 – *Il popolamento cavernicolo delle Alpi Occidentali*. - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 7 (1978): 515-544.

88. Vigna Taglianti A., 1983 – *I musei scientifici universitari*. – In: I musei scientifici, Materiali di lavoro e documentazione. Dipartimento culturale, Partito Comunista Italiano, 8: 82-100.

89. Casale A., Vigna Taglianti A., 1983 – *Il genere* Aptinus *Bonelli, 1810 (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino del Museo regionale di Scienze naturali, Torino, 1: 21-58.

90. Vigna Taglianti A., 1983 – *Storia dell'Entomologia romana*. - Atti XII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Roma, 1980, 1: 5-66.

91. Vigna Taglianti A., 1983 – *I musei universitari romani: quale futuro?* - Sapere, 49 (8-9): 83-86.

92. Vigna Taglianti A., 1984 – *Il Museo di zoologia*. - La cultura scientifica a Roma 1870-1911. Roma Capitale 1870-1911, Marsilio Editori, Venezia, 10: 53-59.

93. Vigna Taglianti A., 1984 – *Per la zoologia. Via Giulia: un luogo per la scienza*. - Sapere, 50 (1): 47-49.

94. Vigna Taglianti A., 1984 – *Il Museo di zoologia: storia e prospettive*. - La nostra Arca di Noè. Roma Capitale 1870-1911, Marsilio Editori, Venezia, 8: 85-91.

95. Vigna Taglianti A., Vomero V. 1984 – *Le collezioni del Museo civico di zoologia*. - La nostra Arca di Noè. Roma capitale 1870-1911, Marsilio Editori, Venezia, 8: 92-101.

96. Vigna Taglianti A., 1984 – *Museo di zoologia*. - Università Oggi, Roma, (n.s.) 3 (6-7), inserto "Quindici Musei da scoprire": 21-24.

*97. Vigna Taglianti A., 1984 – *Osservazioni zoogeografiche sui Coleotteri Carabidi del litorale ionico della Lucania*. - Il popolamento animale e vegetale dell'Appennino Meridionale, XXV Congresso della Società italiana di Biogeografia, Rifreddo (Potenza), 1984, Riassunti: 17.

*98. Contoli L., Salucci M.P., Vigna Taglianti A., 1984 – *Per una biogeografia dei rapporti trofici. il sistema "micromammiferi terragnoli* - Tyto alba*" nell'Italia peninsulare e nelle grandi isole*. - Principi e metodi dell'analisi biogeografica, XXV Congresso della Società italiana di Biogeografia, Rifreddo (Potenza), 1984, Riassunti: 32.

*99. Contoli L., Aste F., Vigna Taglianti A., 1984 – *Affinità e Diversità di un sistema trofico nei distretti vulcanici laziali*. - Bollettino di Zoologia, 51, Suppl.: 33.

*100. Vigna Taglianti A., Iacobone M.G., Loy A., 1984 – *Osservazioni sistematiche e zoogeografiche sull'orso bruno dell'Appennino centrale*. - Bollettino di Zoologia, 51, Suppl.: 113.

101. Fabbri M., Vigna Taglianti A., 1984 – *Ricerche scientifiche in corso sull'orso bruno marsicano*. - Natura e Montagna, 31 (2): 35-38.

102. Vigna Taglianti A., Bologna M.A., Cignini B., Manicastri C., Riviello M.C., Zapparoli M., 1984 – *L'ambiente naturale: la fauna*. - In: Il Tevere, natura, storia e territorio da Nazzano a Castel Giubileo, AA. VV. Provincia di Roma, Italia Nostra, Ed. Savelli Gaumont, pp. 52-89.

103. Casale A., Vigna Taglianti A., 1984 – *Un nuovo* Duvalius *del Peloponneso (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 17: 301-308.

104. Casale A., Vigna Taglianti A., 1984 – *Due nuovi Carabidi cavernicoli dell'Anatolia meridionale (Coleoptera, Carabidae).* - Fragmenta entomologica, 17: 309-329.

*105. Fabbri M., Vigna Taglianti A., 1985 – *La nicchia trofica dell'orso bruno marsicano (*Ursus arctos marsicanus *Altobello, 1921)*. - S.IT.E. Atti, 5: 383.

106. Vigna Taglianti A., 1985 – *Recensioni. Casale A. e Laneyrie R., 1982 - Trechodinae et Trechinae du Monde. Tableau des sous-familles, tribus, séries phylétiques, genres, et catalogue général des espèces - Mémoires de Biospéologie, Tome IX, pp. 1-224, 137 figg.* - Bollettino della Società entomologica italiana, 117: 125-128.

107. Casale A., Vigna Taglianti A., 1985 – *I Coleotteri Carabidi delle Alpi Liguri: composizione della fauna ed origine del popolamento*. - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 9 (1982): 567-598.

108. Vigna Taglianti A., 1985 – *Considerazioni sul popolamento animale e vegetale delle Alpi Liguri, in occasione del XXIV Congresso della Società Italiana di Biogeografia*. - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 9 (1982): 695-709.

109. Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 1985 – *Fauna cavernicola delle Alpi Liguri*. - Annali del Museo civico di Storia naturale "G. Doria", Genova, 84 bis (1984): 1-399.

110. Carpaneto G., Racheli T., Vigna Taglianti A., 1985 – *Aspetti faunistici dei Monti Simbruini*. - Quaderni Alisei, Roma, 9: 1-25.

111. Bologna M., Bonzano C., Vigna Taglianti A., 1986 – *Considerazioni generali sulla fauna cavernicola delle Alpi Liguri*. - Atti Convegno internazionale sul Carso di alta montagna, Imperia, 1982, 2: 310-326.

112. Vigna Taglianti A., 1986 – *Paolo Marcello Brignoli (1942-1986).* - Fragmenta entomologica, 19: 267-271.

113. Caniglia G., Perco Fa., Perco Fr., Rallo G., Rosa Salva P., Spagnesi M., Vigna Taglianti A., Palma R., 1986 – *Carta faunistico-venatoria della Provincia di Venezia.* - Amministrazione Provinciale di Venezia, 173 pp., 5 carte.

114. Vigna Taglianti A., 1986 – *Musei scientifici e Università*. - Atti 5° Congresso A.N.M.S., Verona, 1984, Museologia scientifica, 3 (suppl.): 125-135.

115. Vigna Taglianti A., 1986 – *Considerazioni generali sull'importanza zoologica del Parco Nazionale del Circeo*. pp.183-196. - Atti del Convegno "Aspetti faunistici e problematiche zoologiche del Parco Nazionale del Circeo", Sabaudia 10 novembre 1984, Biondi M. Ed., Ministero dell'Agricoltura e Foreste, Parco Nazionale del Circeo, Sabaudia, 196 pp.

116. Vigna Taglianti A., 1987 – *Il museo dei miracoli*. - Scienza e Dossier, 2 (20): 24-25.

117. Vigna Taglianti A., 1987 – *Considerazioni sul popolamento animale e vegetale dell'Appennino meridionale, in conclusione del XXV Congresso della Società Italiana di Biogeografia*. Biogeographia, - Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 10 (1984): 817-821.

118. Inglisa M., Vigna Taglianti A., 1987 – *Rinvenimento di tre nidi intercomunicanti di Gruccione* Merops apiaster. - Avocetta, 11: 167-168.

119. Vigna Taglianti A., Bruschi S., 1987 – *Note sui Calosomini dell'Etiopia (Coleoptera Carabidae Carabinae)*. - Memorie della Società entomologica italiana, 65: 3-28.

120. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1988 – *Appunti per una storia delle ricerche entomologiche nell'Appennino centro-meridionale*. Atti XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, 1988: 7-30.

121. Vigna Taglianti A., Comandini F., Bonavita P., De Felici S., Ciceroni A., 1988 – *Primi dati sulle comunità di Coleotteri Carabidi dei Quercetalia ilicis nel Lazio*. - Atti XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, 1988: 415-422.

122. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1988 – Gammaropisa arganoi *n. gen. n. sp. from the phreatic waters of Southern Anatolia (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae s. lato)*. - Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 14 (1987): 241-253.

123. Vigna Taglianti A., 1988 – *A new cave amphipod of the hadziid group from Turkey (Crustacea, Amphipoda, Melitidae)*. - Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 14 (1987): 439-452.

124. Audisio P.A., Vigna Taglianti A., 1988 – *Aspetti ecologici e biogeografici dell'artropodofauna del Massiccio del Monte Terminillo (Monti Reatini)*. - In: Terminillo anno zero, C.A.I.-W.W.F., Roma, 1: 67-73.

125. Vigna Taglianti A., Inglisa M., Mei M., 1988 – *Metodologie per l'analisi dell'alimentazione di una specie entomofaga*. - Il Naturalista siciliano, (4) 12 (suppl.): 105-108.

126. Contoli L., Salucci M.P., Vigna Taglianti A., 1988 – *Per una biogeografia dei sistemi trofici: il sistema "mammiferi terragnoli* - Tyto alba*" nell'Italia peninsulare e nelle isole maggiori*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 11 (1985): 211-231.

127. Vigna Taglianti A., Sciaky R., 1988 – *Il genere* Lessinodytes *Vigna Taglianti, 1982 (Coleoptera, Carabidae, Trechinae)*. - Fragmenta entomologica, 20: 159-180.

128. Vigna Taglianti A., 1988 – *Reperti. Hymenoptera,*

Vespidae. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 42 (1987): 81-82.

129. Vigna Taglianti A., 1988 – *Stato attuale delle conoscenze sulla biologia e la conservazione dei Carnivori in Italia*. - In: Atti del I Convegno Nazionale dei Biologi della Selvaggina, Spagnesi M., Toso S. Eds, Supplemento alle Ricerche di Biologia della Selvaggina, 14: 401-417.

130. Contoli L., Pratesi F., Panunzio S., Vigna Taglianti A., Consiglio C., 1988 – *Tavola rotonda "Conseguenze eco-faunistiche dei referendum sulla caccia"*. - Hystrix, 2 (1987): 69-79.

131. Vigna Taglianti A., 1989 – *Fauna*. - In: Appennino Centrale, Volume I, Landi Vittorj C. Ed. Guida dei Monti d'Italia, Club Alpino Italiano e Touring Club Italiano, Milano: 44-53.

132. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 1989 – *Description of a new cavernicolous* Ingolfiella *species from Sardinia, with remarks on the systematics of the genus (Crustacea, Amphipoda, Ingolfiellidae)*. - Annali del Museo civico di Storia naturale Genova, 87: 237-261.

133. Biondi M., Pastorino A. C., Vigna Taglianti A., 1989 – *L'avifauna nidificante del Parco Nazionale del Circeo*. - Ministero Agricoltura e Foreste, Parco Nazionale del Circeo, Sabaudia, Monografie 1, 66 pp., 95 carte.

134. Capasso Barbato L., Minieri M.R., Petronio C., Vigna Taglianti A., 1989 – *Morphological and morphometrical comparison between dental structures of Italian recent and middle-upper Pleistocene ursids*. - Fifth International Theriological Congress, Rome, Abstract of papers and posters, 2: 917-918.

*135. Comandini F., Vigna Taglianti A., 1989 – *Ground beetles communities in a Mediterranean area (Tolfa mountains, Central Italy)*. - 7th European Carabidology Meeting, R. Entomol. Soc. London, Paper abstracts: 7.

*136. Casale A., Vigna Taglianti A., 1989 – *Larval morphology of* Cychrus cylindricollis *Pini (Coleoptera, Carabidae), with biological and ecological notes*. - International Congress of Coleopterology, Barcelona, Abstracts Volume: 34-35.

*137. Inglisa M., Vigna Taglianti A., 1989 – *Una complessa strategia adattativa: i nidi intercomunicanti del Gruccione*. - V° Convegno Italiano di Ornitologia, Bracciano, Riassunti: 13-14.

138. Vigna Taglianti A., 1989 – *Problemi e metodologie nello studio della fauna terrestre*. - Zoologia, oggi. Collana U.Z.I., Problemi di biologia e di storia della natura, 2: 85-94.

139. Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 1989 – *Zoological researches in the Near East by the Universities of Rome.121. List of contributions*. - Fragmenta entomologica, 21: 117-130.

140. Vigna Taglianti A., 1990 – *Recensioni. Casale A., 1988 - Revisione degli Sphodrina (Coleoptera, Carabidae, Sphodrini) - Museo regionale di Scienze naturali, Torino, Monografie 5: 1024 pp*. - Bollettino della Società entomologica italiana, 121: 237-239.

141. Vigna Taglianti A., 1990 – *Carabidi. Ground Beetles*. - In: Zoogeografia I, Atlante Tematico d'Italia, 29, Touring Club Italiano - Consiglio Nazionale delle Ricerche.

142. Sciaky R., Vigna Taglianti A., 1990 – *The genus* Lessinodytes *Vigna Taglianti, 1982, a biogeographical and systematic puzzle (Coleoptera, Carabidae, Trechinae)*. - Mémoires de Biospéologie, 17: 169-173, pl. I.

143. Vigna Taglianti A., 1990 – *Notes on Dermaptera from Sierra Leone*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 265: 51-67.

*144. Casale A., Vigna Taglianti A., 1990 – *I Coleotteri Carabidi delle Alpi occidentali e centro-occidentali: tassocenosi attuali e origine del popolamento*. - XXVIII Congresso della Società italiana di Biogeografia, Torino, 19-22 settembre 1990, Riassunti: 21-22.

*145. Vigna Taglianti A., Audisio P.A., Belfiore C., Biondi M., Bologna M.A., Carpaneto G.M., De Felici S., Piattella E., Racheli T., Zapparoli M., Zoia S., 1990 – *I corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana*. - XXVIII Congresso della Società italiana di Biogeografia, Torino, 19-22 settembre 1990, Riassunti: 47-48.

146. Comandini F., Vigna Taglianti A., 1990 – *Ground Beetles Communities in a Mediterranean Area (Tolfa Mountains, Central Italy)*. - In: The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies, Stork N.E. Ed., Intercept Ltd, Andover, pp. 171-179.

147. Comandini F., Vigna Taglianti A., 1990 – *Phenology of Carabid Beetles Communities along an Altitudinal Transect in Central Italy*. - In: The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies, Stork N.E. Ed., Intercept Ltd, Andover, pp. 389-391.

148. Bologna M.A., Aloisi G., Vigna Taglianti A., 1990 – *Phoretic association of some African* Cyaneolytta *Péringuey 1909 with carabids, and morphology of first instar larvae in Meloini (Coleoptera Meloidae)*. - Tropical Zoology, 3: 159-180.

149. Cobolli Sbordoni M., De Matthaeis E., La Rosa G., Mattoccia M., Vigna Taglianti A., 1991 – *Biochemical differentiation and divergence time in the Canarian genus* Eutrichopus *(Coleoptera, Carabidae)*. pp. 233-243. - In: Biogeographical aspects of insularity, Atti Convegni Lincei, 85 (1990), Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.

150. Casale A., Vigna Taglianti A., 1990 – *Note su* Duvalius *di Grecia, con descrizione di cinque specie nuove (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 22 (2): 323-368.

151. Capasso Barbato L., Minieri M.R., Petronio C., Vigna Taglianti A., 1990 – *Strutture dentarie di* Ursus arctos *e di* Ursus spelaeus *della grotta di Monte Cucco (Sigillo, Perugia, Italia)*. - Bollettino della Società paleontologica italiana, 29: 335-356.

152. Cassola F., Vigna Taglianti A., 1990 – *Mimicry in Cicindelini e Graphipterini africani (Coleoptera, Caraboidea)*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 14 (1988): 229-233.

153. Vigna Taglianti A., Bruschi S., 1990 – *I Calosomini di Somalia (Coleoptera, Carabidae)*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 14 (1988): 235-249.

154. Baccetti B., Callaini G., Argano R., Biondi M., Cobolli Sbordoni M., Cottarelli V., Mei M., Utzeri C., Vigna Taglianti A., Poggi R., Minelli A., Bologna M.A., Osella G., Manicastri C., Lanza B., Baccetti N., 1991 – *Zoogeographical expeditions of the C.N.R. ship "Minerva" around the small Circumsardinian islands: a synthesis*. pp. 521-532. - In: Biogeographical aspects of insularity, Atti Convegni Lincei, 85 (1990), Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.

155. Vigna Taglianti A., Casale A., 1991 – *4. Osservazioni preliminari sui Coleotteri Carabidae della Terra del Fuoco*. pp.139-141. - In: La Greca M, Cantone G., Costa A., Petralia A., Sobral A., Pilato G., Binda M.G., Sammartano F., Vigna Taglianti A., Casale A.,

Vinciguerra M.T., Zunino M., Le ricerche faunistico-biogeografiche in Subantartide. Risultati preliminari della campagna 1987-88, Atti del primo Convegno di biologia antartica, Roma, CNR, 22-23 giugno 1989: 127-156.

156. De Felici S., Vigna Taglianti A., 1991 – *Il popolamento a Coleotteri Carabidi delle faggete dell'Italia centrale: una prima sintesi*. - Atti XVI Congresso nazionale italiano di Entomologia, Bari - Martina Franca (Ta) 23/28 settembre 1991: 103-112.

157. Vigna Taglianti A., 1991 – *Ricordo di Felice Capra (1896-1991)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 45 (1990): 135-136, 1 fotografia f.t.

158. Vigna Taglianti A., 1991 – *Nuovo ruolo dei Musei nella ricerca ambientale*. - Seminari di Museologia, Quaderno della Facoltà di Scienze M. F. N., Università di Roma "La Sapienza", 16: 13-17.

159. Inglisa M., Vigna Taglianti A., 1991 – *Una complessa strategia adattativa: i nidi intercomunicanti del gruccione (*Merops apiaster*)*. - Atti V Convegno Italiano di Ornitologia, Bracciano 4-8 ottobre 1989. Supplemento alle Ricerche di Biologia della Selvaggina, 17: 101-105.

160. Vigna Taglianti A., 1992 – *Che cosa sappiamo della fauna italiana?* - Habitat, 16: 29-35.

161. Barrasso P., Ottino P., Prigioni C., Vigna Taglianti A., 1992 – *Osservazioni preliminari sulla presenza della lontra nei fiumi Orta e Orfento (Abruzzo, Massiccio della Maiella)*. - Hystrix, (n.s.) 4: 69-74.

162. Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 1992 – *Osservazioni sull'areale dell'orso marsicano, con particolare riferimento al Gran Sasso ed ai Monti della Laga*. - Hystrix, (n.s.) 4: 75-80.

163. Casale A., Vigna Taglianti A., 1992 – *Morphologie larvaire de* Cychrus cylindricollis *Pini (Coleoptera: Carabidae) avec de notes sur la biologie et l'écologie de l'espèce*. - Elytron Suppl., 1991, 5 (1): 95-106.

*164. Vigna Taglianti A., Santarelli F., 1992 – *Phylogenetic implications of larval morphology in the tribe Ozaenini (Coleoptera: Carabidae)*. - Proceedings XIX International Congress of Entomology, Beijing, China, june 28-july 4, 1992, Abstracts: 33.

165. Deuve T., Vigna Taglianti A., 1992 – *Descriptions de trois nouveaux Carabinae de la région du Mont Gongga Shan (Chine, Sichuan) (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 24: 75-82.

166. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 1992 – *Considerazioni generali sul popolamento animale dell'Alto Lazio*. - In: L'ambiente nella Tuscia laziale - Aree protette e di interesse naturalistico della Provincia di Viterbo, Olmi M., Zapparoli M. Eds, Università della Tuscia, Union Printing Edizioni, Viterbo, pp. 35-44.

167. Cobolli M., Vigna Taglianti A., 1992 – *Aspetti faunistici della Riserva Naturale Regionale Monte Rufeno*. - In: L'ambiente nella Tuscia laziale - Aree protette e di interesse naturalistico della Provincia di Viterbo, Olmi M., Zapparoli M. Eds, Università della Tuscia, Union Printing Edizioni, Viterbo, pp. 119-124.

168. Vigna Taglianti A., 1993 – *I Coleotteri*. - Contributi del Centro Linceo Interdisciplinare "Beniamino Segre", Accademia Nazionale dei Lincei, 86: 245-258.

169. Vigna Taglianti A., Audisio P. A., Belfiore C., Biondi M., Bologna M.A., Carpaneto G.M., De Biase A., De Felici S., Piattella E., Racheli T., Zapparoli M., Zoia S., 1993 – *Riflessioni di gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 16 (1992): 159-179.

170. Casale A., Vigna Taglianti A., 1993 – *I Coleotteri Carabidi delle Alpi occidentali e centro-occidentali (Coleoptera, Carabidae)*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 16 (1992): 331-399.

171. Vigna Taglianti A., 1993 – *Considerazioni sul popolamento delle Alpi occidentali, in conclusione del XXVIII Congresso della Società Italiana di Biogeografia*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 16 (1992): 513-519.

172. Vigna Taglianti A., Magrini P., Vanni S., 1993 – *Descrizione di un nuovo* Duvalius *dei Monti del Matese (Caserta) (Coleoptera, Carabidae, Trechinae)*. - Fragmenta entomologica, 24 (2): 147-157.

173. Vigna Taglianti A., 1993 – *Studi sui Dermatteri. V. Una nuova* Chelidurella *dell'Appennino meridionale (Dermaptera, Forficulidae)*. - Memorie della Società entomologica italiana, 71 (II) (1992): 455-465.

*174. De Felici S., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 1993 – *Confronti di comunità di carabidi in coltivazioni arboree e in formazioni forestali dell'Alto Lazio*. - 55° Congresso U.Z.I., Torino 27 settembre - 2 ottobre 1993, Riassunti: 95.

175. Inglisa M., Galeotti P., Vigna Taglianti A., 1993 – *The diet of a coastal population of european bee-eaters (*Merops apiaster*) compared to prey availability (Tuscany, central Italy)*. - Bollettino di Zoologia, 60: 307-310.

176. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 1993 – *Note sulle specie di* Ocydromus (Bembidionetolitzkya) *del gruppo* fasciolatus *(Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 25: 67-90.

177. Vigna Taglianti A., 1993 – *Coleoptera Archostemata, Adephaga I (Carabidae)*. - In: Checklist delle specie della fauna italiana, Minelli A., Ruffo S., La Posta S. Eds, 44. Edizioni Calderini, Bologna, 51 pp.168.

178. Vigna Taglianti A., 1993 – *Museo di Zoologia*. pp. 93-106. - In: I Musei dell'Università "La Sapienza, Barbanera M., Venafro I. Eds, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 343 pp.

179. Vigna Taglianti A., De Felici S., 1994 – *Ground beetle communities in Central Apennines beech woods*. - In: Carabid Beetles: Ecology and Evolution, Desender K., Dufrêne M., Loreau M., Luff M.L., Maelfait J.-P. Eds, pp. 71-78. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

180. Vigna Taglianti A., 1994 – *Aspetti zoogeografici del popolamento italiano dei Dermatteri*. - Atti della Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, 39-40-41 (1991-1992-1993): 97-119.

181. Vigna Taglianti A., 1994 – *La fauna della Maiella ed il suo significato biogeografico*. pp. 73-79. - In: La fauna appenninica e la sua conservazione, Inglisa M. Ed., Atti I Convegno Nazionale "Paolo Barrasso", Caramanico Terme, 21-22 marzo 1992, 144 pp.

182. Vigna Taglianti A., 1994 – *Endemismi italiani. 36.* Reicheia corinna *Holdhaus, 1924 (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 49: I-II.

183. De Felici S., Vigna Taglianti A., 1994 – *I Coleotteri Carabidi dei Colli Albani (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 49: 3-96.

*184. Vigna Taglianti A., 1994 – *Dermatteri delle piccole isole circumsarde*. - XXX Congresso della Società italiana di Biogeografia, Olbia, 17-20 maggio 1994, Riassunti: 16.

*185. Audisio P., Biondi M., Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 1994 – *Modelli di colonizzazione di aree*

insulari mediterranee e macaronesiche nei coleotteri (Coleoptera). - XXX Congresso della Società italiana di Biogeografia, Olbia, 17-20 maggio 1994, Riassunti: 17.

*186. Casale A., Vigna Taglianti A., 1994 – *Coleotteri Carabidi di Sardegna e delle isole circumsarde, e loro significato biogeografico (Coleoptera).* - XXX Congresso della Società italiana di Biogeografia, Olbia, 17-20 maggio 1994, Riassunti: 18.

*187. Vigna Taglianti A., Cobolli M., De Matthaeis E., Casale A., 1994 – *Divergenza genetica tra popolazioni insulari di* Percus *(Coleoptera, Carabidae).* - XXX Congresso della Società italiana di Biogeografia, Olbia, 17-20 maggio 1994, Riassunti: 19.

188. Battoni F., Vigna Taglianti A., 1994 – *Osservazioni sui* Trechus *appenninici del gruppo* obtusiusculus *(Coleoptera, Carabidae).* - Fragmenta entomologica, 25: 293-307.

189. Cobolli Sbordoni M., Paoletti M., Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 1994 – *Italie*. - In: Encyclopaedia Biospeologica, I, Juberthie C., Decu V. Eds, Société de Biospéologie, Moulis (C.N.R.S.) - Bucarest (Academie Roumaine): 737-751, 1 tav.

190. Vigna Taglianti A., 1994 – *I Coleotteri Carabidi dell'Appennino umbro-marchigiano*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 17 (1993): 261-284.

191. Vigna Taglianti A., 1994 – *Further notes on Dermaptera from Sierra Leone*. - Quaderni dell'Accademia nazionale dei Lincei, 267: 199-212.

192. Vigna Taglianti A., 1994 – *I Coleotteri Carabidi delle Isole Ponziane (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 26: 95-131.

193. Vigna Taglianti A., Forestiero S., 1994 – *Sistematica e biogeografia: riflessioni attuali su concetti, problemi e procedure*. - Atti XVII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Udine 13-18 giugno 1994: 49-60.

194. Vigna Taglianti A., De Mei M., De Felici S., 1994 – *Comunità di Coleotteri Carabidi di formazioni forestali dell'Appennino tosco-emiliano (Coleoptera, Carabidae)*. - Atti XVII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Udine 13-18 giugno 1994: 451-456.

195. Failla M.C., La Greca M., Lombardo F., Messina A., Scali V., Stefani R., Vigna Taglianti A., 1994 – *Blattaria, Mantodea, Isoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera, Embioptera*. - In: Checklist delle specie della fauna italiana, 36, Minelli A., Ruffo S., La Posta S. Eds, Edizioni Calderini, Bologna, 23 pp.

196. Vigna Taglianti A., 1995 – *I Dermatteri delle isole circumsarde*. - Annali del Museo civico di Storia naturale "G. Doria", 90: 529-552.

197. Vigna Taglianti A., Bologna M.A., 1995 – *I deserti: aspetti biologici*. - Contributi del Centro Linceo Interdisciplinare "Beniamino Segre", Accademia Nazionale dei Lincei, 90: 97-113.

198. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 1995 – *Un caso di miasi intestinale prodotta da* Eristalinus taeniops *in Italia (Diptera, Syrphidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 49 (1994): 119-126.

199. Vigna Taglianti A., 1995 – *Un nuovo* Ocys *dell'Appennino abruzzese (Coleoptera, Carabidae).* - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 49 (1994): 129-136.

200. Vigna Taglianti A., Bonavita P., 1995 – *Nuovi dati geonemici su Carabidi italiani (Coleoptera, Carabidae).* - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 49 (1994): 137-149.

201. Vigna Taglianti A., 1995 – *Coleotteri Carabidi del Parco Nazionale d'Abruzzo (Coleoptera Adephaga, Carabidae*). - In: Progetto Biodiversità, Liste preliminari degli organismi viventi del Parco Nazionale d'Abruzzo, 1, Tassi F. Ed. Ente Autonomo Parco Nazionale d'Abruzzo, Roma, 32 pp.

202. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 1995 – *Le attuali conoscenze sugli Artropodi dei Monti Lucretili e il loro significato eco-biogeografico*. pp. 323-352. - In: Monti Lucretili: Parco Regionale Naturale, De Angelis G. Ed., 5a Edizione, Parco Regionale Naturale Monti Lucretili, Consorzio di Gestione - Comitato Promotore, Tivoli.

203. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 1995 – *La fauna delle Isole Ponziane: aspetti zoogeografici ed ecologici*. - In: Le isole minori: la fauna, Giusti F. Ed., I Quaderni di Italia Nostra, 27: 45-68.

204. Vigna Taglianti A., 1995 – *A new* Jujiroa *from Sichuan, China (Coleoptera, Carabidae).* - International Journal of Speleology, 23 (3-4) (1994): 179-190.

205. Vigna Taglianti A., 1995 – *Coleoptera Carabidae*. - In: Arthropoda di Lampedusa, Linosa e Pantelleria (Canale di Sicilia, Mar Mediterraneo), Massa B. Ed., Il Naturalista siciliano, (n.s.) 19 (Suppl.): 357-421.

206. De Mei M., Collina M., De Felici S., Vigna Taglianti A., 1995 – *I Coleotteri Carabidi nei boschi del Centro ENEA del Brasimone, Bologna*. - ENEA, Roma, RT/AMB/95/08, 36 pp.

207. Ottino P., Prigioni C., Vigna Taglianti A., 1995 – *Habitat suitability for the otter (*Lutra lutra*) of some rivers of Abruzzo region (Central Italy).* - Hystrix, (n.s.) 7 (1-2): 265-268).

208. Casale A., Giachino P.M., Vailati D., Vigna Taglianti A., 1996 – *Specie nuove o poco note del genere* Duvalius *in Grecia (Coleoptera, Carabidae, Trechinae).* - Fragmenta entomologica, 27 (2): 289-346.

*209. Vigna Taglianti A., Rossi W., 1996 – *Laboulbeniales (Ascomycetes) and systematics of their Carabid hosts (Coleoptera: Carabidae). 01-071.* - XX International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 1996. Proceedings: 18.

*210. Vigna Taglianti A., Casale A., 1996 – *Carabid beetles and subterranean environments. 11-068.* - XX International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 1996. Proceedings: 355.

211. Casale A., Giachino P.M., Vailati D., Vigna Taglianti A., 1996 – *Il genere* Duvalius *in Grecia: stato attuale delle conoscenze, interesse biogeografico e descrizione di una nuova specie (Coleoptera, Carabidae, Trechinae)*. - Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 20 (1993): 303-335.

212. Casale A., Vigna Taglianti A., 1996 – *Coleotteri Carabidi di Sardegna e delle piccole isole circumsarde, e loro significato biogeografico (Coleoptera, Carabidae).* - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 18 (1995): 391-427.

213. Vigna Taglianti A., 1996 – *Presentazione*. – In: Atlante degli Uccelli nidificanti a Roma, Cignini B., Zapparoli M. Eds, Fratelli Palombi Editori, 6-7.

214. Di Maio G., Paleologo Vassallo A., Sebastiani F., Vigna Taglianti A. Eds, 1997 – *Misure. Idee per un museo della scienza*. - Università degli Studi "La Sapienza", Roma, 96 pp.

215. Weber F., Vigna Taglianti A., Wachmann E., 1996 – *Are "anophthalmic"* Duvalius *species (Coleoptera, Carabidae) eyed?* - Mémoires de Biospéologie, 23: 163-166.

216. Vigna Taglianti A., 1997 – *A new genus and species*

of troglobitic Trechinae (Coleoptera, Carabidae) from southern China. - International Journal of Speleology, 25 (1-2) (1996): 33-41.

217. Vigna Taglianti A., Audisio P., Zapparoli M., 1997 – *I romani a sei zampe. Come, quanti e perchè*. pp. 17-20. - In: Gli Insetti di Roma, Zapparoli M. Ed., Comune di Roma. Quaderni dell'Ambiente, 6: 360 pp.

218. Vigna Taglianti A., 1997 – *Dermaptera*. pp. 82-83. - In: Gli Insetti di Roma, Zapparoli M. Ed., Comune di Roma. Quaderni dell'Ambiente, 6: 360 pp.

219. Vigna Taglianti A., Bonavita P., 1997 – *Coleoptera Carabidae*. pp. 115-130. - In: Gli Insetti di Roma, Zapparoli M. Ed. Comune di Roma. Quaderni dell'Ambiente, 6: 360 pp.

220. Vigna Taglianti A., 1997 – *Coleoptera Carabidae (Insecta)*. 16: pp. 301-334. - In: Osella B.G., Biondi M., Di Marco C., Riri M. Eds, Ricerche sulla Valle Peligna (Italia Centrale, Abruzzo). L'Aquila, Amministrazione Provinciale, 2: 814 pp.

221. Vigna Taglianti A., Cerretti P., 1997 – Coenomyia ferruginea*, un dittero dimenticato (Diptera Xylophagomorpha)*. - Bollettino della Società entomologica italiana, Genova, 129 (1): 25-30.

222. Amori F., Angelici F.M., Prigioni C., Vigna Taglianti A., 1997 – *The mammal fauna of Italy: a review*. - Hystrix, Italian Journal of Mammology, (n.s.) 8: 3-7.

223. Pinzari M., Vigna Taglianti A., 1997 – *Storia dell'Associazione Romana di Entomologia*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 51 (1996): 21-67.

*224. Bologna M.A., Pinto J.D., Vigna Taglianti A., Zetto Brandmayr T., 1997 – *Aspetti della morfologia imaginale e preimaginale nella ricostruzione filogenetica di gruppi critici di Insetti olometaboli*. - 58° Congresso Nazionale Unione Zoologica Italiana, Cattolica 24-28 Settembre 1997, Riassunti dei contributi scientifici: 7.

*225. Di Giulio A., Giglio A., Vigna Taglianti A., Zetto Brandmayr T., 1997 – *Analisi del comportamento predatorio nella larva di* Pachyteles *sp. (Coleoptera, Carabidae, Paussinae)*. - 58° Congresso Nazionale Unione Zoologica Italiana, Cattolica 24-28 Settembre 1997, Riassunti dei contributi scientifici: 34.

226. Todini A., Pignatti S., Vigna Taglianti A., 1998 – *Interazione tra periodicità dei popolamenti a Coleotteri Carabidi e comunità vegetali nell'Insugherata (Roma)*, pp. 109-111. - In: Atti 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana, Roma, 12 aprile 1997, Bologna M.A., Carpaneto G.M., Cignini B. Eds, Fratelli Palombi Editori, Roma, 302 pp.

227. Vigna Taglianti A., 1998 – *Conclusioni*. pp. 297-298. - In: Atti 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana, Roma, 12 aprile 1997, Bologna M.A., Carpaneto G.M., Cignini B. Eds, Fratelli Palombi Editori, Roma, 302 pp.

228. Vigna Taglianti A., 1998 – *Analyse d'ouvrage. Thierry Deuve, 1997. - Catalogue des Carabini et Cychrini de Chine. Mémoires de la SEF, 1: 236 p.* - Bulletin de la Société entomologique de France, 103: 347-348.

229. Vigna Taglianti A., 1998 – *Società scientifiche e società civile: il ruolo della nostra Società entomologica*. - Atti XVIII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Maratea 21-26 giugno 1998. Atti dell'Accademia nazionale di Entomologia, Rendiconti 46, Suppl.: 7-12.

*230. Di Giulio A., Fausto A.M., Vigna Taglianti A., 1998 – *Il disco terminale delle larve di* Pachyteles *sp. (Coleoptera, Carabidae, Paussinae): morfologia e ultrastruttura*. - Atti XVIII Congresso nazionale italiano di Entomologia, Maratea 21-26 giugno 1998. Atti dell'Accademia nazionale di Entomologia, Rendiconti 46, Suppl.: 92.

*2311. Di Giulio A., Fausto A.M., Taddei A.R., Vigna Taglianti A., 1998 – *Terminal disk of Ozaenini larvae: morphology and ultrastructure (Coleoptera, Carabidae, Paussinae)*. - IX European Carabidologists Meeting, Cosenza (Italy), 26-31 July 1998, Abstracts: 10.

*232. Vigna Taglianti A., Bonavita P., Bruschi S., Casale A., Chemini C., De Felici S., 1998 – *Relict or man introduced species: the case of* Carabus montivagus *in Italian Central Alps*. - IX European Carabidologists Meeting, Cosenza (Italy), 26-31 July 1998, Abstracts: 42.

*233. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 1998 – *The Italian contribution to the zoogeographic researches on Anatolia*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 1-2.

*234. Vigna Taglianti A., Audisio P., Belfiore C., Biondi M., Bologna M.A., Carpaneto G.M., De Biase A., Piattella E., Sindaco R., Venchi A., Zapparoli M., 1998 – *Distribution patterns of the Anatolian fauna: a proposal of a chorotype classification and nomenclature*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 6.

*235. Latella L., Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 1998 – *Biogeographical considerations on the Anatolian cave fauna*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 8.

*236. Vigna Taglianti A., 1998 – *Biogeographical notes on Anatolian earwigs (Dermaptera)*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 14.

*237. Casale A., Vigna Taglianti A., 1998 – *Carabid beetles of Anatolia, and their biogeographical significance (Coleoptera, Carabidae)*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 20-21.

*238. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 1998 – *Taxonomy and distribution of the Anatolian species of* Ocydromus *subg.* Nepha *(Coleoptera, Carabidae)*. - XXXII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Roma, 29-31 ottobre 1998, Riassunti delle comunicazioni: 22.

239. Casale A., Vigna Taglianti A., Juberthie C., 1998 – *Coleoptera Carabidae*. pp. 1047-1081, 1 tav. - In: Encyclopaedia Biospeologica, II, Juberthie C., Decu V. Eds, Société de Biospéologie, Moulis (C.N.R.S.), Bucarest (Academie Roumaine).

240. Ball G.E., Casale A., Vigna Taglianti A., 1998 – *Phylogeny and Classification of Caraboidea (Coleoptera: Adephaga)*. - Proceedings of a Symposium (28 August 1996, Florence, Italy) XX International Congress of Entomology. Museo Regionale de Scienze Naturali, Torino, Italy, p. 543.

241. Ball E.G., Casale A., Vigna Taglianti A., 1998 – *Editors' Preface*. pp. 5-6. - In: Phylogeny and Classification of Caraboidea, Ball G-E., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Memorie del Museo regionale di Scienze naturali, Torino.

242. Ball E.G., Casale A., Vigna Taglianti A., 1998 – *Introduction to the Symposium*. pp. 15-51. - In: Phylogeny and Classification of Caraboidea, Ball G-E., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Memorie del Museo regionale di Scienze naturali, Torino.

243. Vigna Taglianti A., Santarelli F., Di Giulio A., Oliverio M., 1998 – *Phylogenetic implications of larval morphology in the Tribe Ozaenini (Coleoptera: Carabidae)*. pp. 273-295. - In: Phylogeny and Classification of Caraboidea, Ball G-E., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Memorie del Museo regionale di Scienze naturali, Torino.

244. Vigna Taglianti A., Rossi W., 1998 – *Laboulbeniales (Ascomycetes) and systematics of their carabid hosts (Coleoptera: Carabidae).* pp. 513-519. - In: Phylogeny and Classification of Caraboidea, Ball G-E., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Memorie del Museo regionale di Scienze naturali, Torino.

245. Audisio P., Bologna M.A., De Salvo P., De Biase A., Vigna Taglianti A., 1998 – *Le comunità di insetti nel monitoraggio e nella gestione delle dune costiere*. pp. 54-58. - In: Atti del decimo seminario "La progettazione ambientale nei sistemi costieri", Pietrobelli M. Ed., Roma, 10 luglio 1998, International Association for Environmental Design, Quaderno 12: 94 pp.

246. Vigna Taglianti A., Audisio P., De Felici S., 1999 – *I Coleotteri Carabidi del Parco Nazionale della Val Grande (Verbania, Piemonte).* - Rivista piemontese di Storia naturale, 19 (1998): 193-245.

247. Mifsud D., Vigna Taglianti A., 1999 – *Notes on three Carabids collected from the Maltese Islands (Coleoptera, Carabidae).* - The Central Mediterranean Naturalist, 3: 27-28.

248. Vigna Taglianti A., 1999 – *Filogenesi e sistematica dei Carabidi. Presentazione.* - Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 56 (1998): 211-214.

249. Vigna Taglianti A., 1999 – *I Carabidi nella faunistica e biogeografia*. - Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 56 (1998): 245-276.

250. Casale A., Giachino P.M., Vailati D., Vigna Taglianti A., 1999 – *Taxonomic note about a Trechine species (Coleoptera, Carabidae).* - Fragmenta entomologica, 31: 193-194.

251. Vigna Taglianti A., 1999 – *Note su Anechurinae della fauna appenninica (Dermaptera, Forficulidae).* - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 54: 33-57.

252. Vigna Taglianti A., 1999 – *Hymenoptera, Vespidae*. Reperti. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 54: 151-154.

253. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 1999 – *Il contributo italiano alle ricerche faunistiche in Anatolia*. - Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 7-30.

254. Vigna Taglianti A., Audisio P.A., Biondi M., Bologna M.A., Carpaneto G.M., De Biase A., Fattorini S., Piattella E., Sindaco R., Venchi A., Zapparoli M., 1999 – *A proposal for a chorotype classification of the Near East fauna, in the framework of the Western Palearctic region*. - Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 31-59.

255. Casale A., Vigna Taglianti A., 1999 – *Caraboid beetles (excl. Cicindelidae) of Anatolia, and their biogeographical significance (Coleoptera, Caraboidea)*. - Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 277-406.

256. Vigna Taglianti A., 2000 – *I musei dell'Università*. - La Sapienza, Notiziario dell'Università, 15 maggio 2000, 4: 1-2.

257. Vigna Taglianti A., Mei M., Piattella E., 2000 – *I suoni degli insetti*. pp. 29-35. - In: Suoni - natura e cultura, Vigna Taglianti A., Di Maio G., Paleologio Vassallo A. Eds, Università degli Studi "La Sapienza", Roma, 111 pp.

258. Vigna Taglianti A., 2000 – *Fauna d'Oc.* - Quaderni di Primalpe, 3. Centro di Documentazione, Comunità Montana Valle Stura, 94 pp.

*259. Vigna Taglianti A., 2000 – *Carabids of Africa: the state of the art, with biogeographical highlights (Coleoptera).* - XXI International Congress of Entomology, Brazil, August 20-26, 2000. Abstracts book 1: 114.

*260. Di Giulio A., Fausto A.M., Taddei A.R., Vigna Taglianti A., 2000 – *Biology and functional morphology of* Pachyteles *larvae (Coleoptera: Carabidae: Paussinae).* - XXI International Congress of Entomology, Brazil, August 20-26, 2000. Abstracts book 2: 791.

*261. Vigna Taglianti A., 2000 – *I Dermatteri delle coste mediterranee*. - XXIII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Cefalù, 3-7 ottobre 2000, Biogeografia degli ambienti costieri italiani e mediterranei: 16.

*262. Vigna Taglianti A., 2000 – *Aspetti biogeografici delle cenosi a Carabidi dei sistemi costieri italiani*. - XXIII Congresso Società Italiana di Biogeografia, Cefalù, 3-7 ottobre 2000, Biogeografia degli ambienti costieri italiani e mediterranei: 21.

263. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2000 – *Zoological researches in the Near East by the Universities of Rome. 198. List of contributions, 1990-2000*. - Fragmenta entomologica, 32: 1-10.

264. Brandmayr P., Lövei G., Zetto Brandmayr T., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, 2000 – *Natural History and Applied Ecology of Carabid Beetles*. - Proceedings of the IX European Carabidologists Meeting, Cosenza (Italy), 26-31 July 1998, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow

265. Vigna Taglianti A., Bonavita P., Bruschi S., Casale A., Chemini C., De Felici S., 2000 – Carabus montivagus *(Coleoptera, Carabidae) in the Italian Central Alps: relict or introduced by man?* pp. 61-70. - In: Natural History and Applied Ecology of Carabid Beetles, Brandmayr P., Lövei G., Zetto Brandmayr T., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Proceedings of the IX European Carabidologists Meeting, Cosenza (Italy), 26-31 July 1998, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.

266. Di Giulio A., Fausto A.M., Taddei A.R., Vigna Taglianti A., 2000 – *The terminal disk of Pachyteles larvae (Coleoptera, Carabidae, Paussinae): a morphological study*. pp. 89-93. - In: Brandmayr P., Lövei G., Zetto Brandmayr T., Casale A., Vigna Taglianti A. Eds, Natural History and Applied Ecology of Carabid Beetles. Proceedings of the IX European Carabidologists Meeting, Cosenza (Italy), 26-31 July 1998, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.

267. Vigna Taglianti A., 2001 – *Le collezioni universitarie*. - Medicina nei Secoli - Arte e Scienza / Journal of History of Medicine, 12/2 (2000): 399-409.

268. Di Giulio A., Vigna Taglianti A., 2001 – *Biological observations on* Pachyteles *larvae (Coleoptera Carabidae Paussinae).* - Tropical Zoology, 14: 157-173.

269. Vigna Taglianti A., 2001 – *Aggiornamenti alla Checklist delle specie della fauna italiana. V. Contributo. Fascicolo 36, Blattaria, Mantodea, Isoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera, Embioptera. Ordine Dermaptera.* - Bollettino della Società entomologica italiana, 133: 185-186.

270. Vigna Taglianti A., Decu V., Juberthie C., 2001 –

Ethiopie. pp. 1541-1544. - In: Encyclopaedia Biospeologica, III, Juberthie C., Decu V. Eds, Société de Biospéologie, Moulis (C.N.R.S.) - Bucarest (Academie Roumaine).

*271. Fontana P., Buzzetti F.M., Tollis P., Vigna Taglianti A., 2001 – *The Orthopteroid Insects of the National Park of Abruzzo, Latium and Molise: a preliminary checklist (Insecta: Blattodea, Mantodea, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera)*. - International Conference on Orthopteroid Insects, Montpellier, France, August 19-22, 2001, poster.

272. Vigna Taglianti A., 2001 – *La fauna dei Monti Prenestini ed il suo significato biogeografico*. pp. 233-246. - In: Aspetti naturalistici dei Monti Prenestini, Angelici F.M. Ed., Associazione naturalistica Orchidea, Genazzano (Roma), Regione Lazio, Assessorato Ambiente, xviii + 266 pp.

273. Vigna Taglianti A., 2001 – *I Carabidi delle isole circumsarde (Coleoptera, Carabidae)*. - Annali del Museo civico di Storia naturale "G. Doria", Genova, 93 (2000): 305-428.

274. Vigna Taglianti A., Spettoli R., Brandmayr P., Algieri M.C., 2001 – *Note tassonomiche e corologiche su* Carabus granulatus *in Italia, con descrizione di una nuova sottospecie di Calabria (Coleoptera Carabidae).* - Memorie della Società entomologica italiana, 80: 65-86.

275. Vigna Taglianti A., 2001 – *Biodiversità negli Insetti e sua conservazione*. - Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 49: 191-204.

276. Vigna Taglianti A., Bonavita P., Di Giulio A., Todini A., Maltzeff P., 2001 – *I Carabidi della Tenuta Presidenziale di Castelporziano (Coleoptera, Carabidae).* - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 56: 115-173.

277. Vigna Taglianti A., 2002 – *Carabidae*. pp. 62-63. - In: Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, Primo contributo. Mason F., Cerretti P., Tagliapietra A., Speight M.C.D., Zapparoli M. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati 1. Gianluigi Arcari Editore, Mantova, 176 pp.

278. Vigna Taglianti A., 2002 – *Presentazione*. pp. 9-10. In: Habitat e vertebrati: faggete dell'Appennino settentrionale, Bonani S., Bruni A., Cappelli F., Dondini G., Olivari S., Perilli E., Vergari S., Quaderni Conservazione Habitat, 2. Corpo Forestale dello Stato, Gianluigi Arcari Editore, Mantova, 128 pp.

279. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2002 – *Breve storia delle ricerche*. pp. 18-23. - In: La fauna in Italia, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S. Eds, Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, 448 pp.

280. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2002 – *Generalità sulla fauna italiana*. pp. 23-28. - In: La fauna in Italia, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S. Eds, Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, 448 pp.

281. Chemini C., Vigna Taglianti A., 2002 – *Gli animali delle alte quote*. pp. 46-73. - In: La fauna in Italia, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S. Eds, Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, 448 pp.

282. Vigna Taglianti A., 2002 – *Fauna*. pp. 15-21. - In: Ferìiros, Rovere F. Ed., Comunità Montana Valle Stura - Primalpe, Cuneo, 112 pp.

283. Fattorini S., Vigna Taglianti A., 2002 – *Ecological and historical factors affecting carabid and tenebrionid communities (Coleoptera Carabidae and Tenebrionidae) in a Mediterranean coastal area.* - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 23 (2002): 81-102.

284. Vigna Taglianti A., Fattorini S., 2002 – *Aspetti biogeografici delle comunità di Carabidi (Coleoptera, Carabidae) dei sistemi costieri italiani*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 23 (2002): 127-138.

285. Argano R., Vigna Taglianti A., 2002 – *Francesco Baschieri Salvadori*. - Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 23 (2002): 233-236.

286. Vigna Taglianti A., Casale A., Fattorini S., 2002 – *I Carabidi di Sicilia ed il loro significato biogeografico (Coleoptera, Carabidae).* - Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania, 35 (361): 435-464.

287. Tomelleri N., Latella L., Vigna Taglianti A., 2002 – *Grotte e fauna dell'area carsica del Medicale e della Raia del Pedale (Cilento, Campania).* - Atti Montello 2002, 21° Incontro Internazionale di Speleologia: 127-149.

*288. Sbordoni V., Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 2002 – *Gli insetti e la biodiversità*. - XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania 10-15 giugno 2002, Riassunti dei contributi scientifici: 33.

289. Vigna Taglianti A., 2003 – *Carabidae*. pp. 80-87. - In: Artropodi dell'orizzonte del faggio nell'Appennino Settentrionale, Primo contributo, Cerretti P., Tagliapietra A., Tisato M., Vanin S., Mason F., Zapparoli M., Eds, Conservazione Habitat Invertebrati 2. Gianluigi Arcari Editore, Mantova, 256 pp.

290. Di Giulio A., Fattorini S., Kaupp A., Vigna Taglianti A., Nagel P., 2003 – *Review of competing hypotheses of phylogenetic relationships of Paussinae (Coleoptera: Carabidae) based on larval characters*. - Systematic Entomology, 28: 509-537.

291. Sciaky R., Vigna Taglianti A., 2003 – *Observations on the systematics of the tribe Tachyini (Coleoptera Carabidae).* - Bollettino della Società entomologica italiana, 135 (2): 79-96.

292. Minelli A., Vigna Taglianti A. Eds, 2003 – *Carlo Luciano Bonaparte, Iconografia della Fauna Italica per le quattro classi degli Animali Vertebrati*. - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura, Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, Canova Società Libraria Editrice, Treviso, vol. I, 460 pp.

293. Vigna Taglianti A., 2003 – *Storia delle faune d'Italia*. pp. 22-32. - In: Carlo Luciano Bonaparte, Iconografia della Fauna Italica per le quattro classi degli Animali Vertebrati, Minelli A., Vigna Taglianti Eds, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura, Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, Canova Società Libraria Editrice, Treviso, vol. I, 460 pp.

294. Ketmaier V., Casale A., Cobolli M., De Matthaeis E., Vigna Taglianti A., 2003 – *Biochemical systematics and phylogeography of the* Percus strictus *subspecies (Coleoptera, Carabidae), endemic to Sardinia*. - Italian Journal of Zoology, 70: 339-346.

295. Di Giulio A., Aberlenc H.-P., Vigna Taglianti A., Bologna M.A., 2003 – *Definition and description of larval types of* Cyaneolytta *(Coleoptera Meloidae) and new records of their phoretic association with Carabidae (Coleoptera).* - Tropical Zoology, 16: 165-187.

296. Letardi A., Vigna Taglianti A., 2003 – *Il genere* Boreus *in Italia, nuovo per la fauna appenninica*

(Mecoptera, Boreidae). - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 58: 95-100.

297. Boitani L., Lovari S., Vigna Taglianti A. Eds, 2003 – *Mammalia III - Carnivora - Artiodactyla.* - Fauna d'Italia, 38. Edizioni Calderini, Bologna, xii + 434 pp.

298. Vigna Taglianti A., 2003 – Ursus arctos*: Descrizione morfologica, Note di sistematica, Dati paleontologici ed archeozoologici*. pp. 85-92. - In: Mammalia III - Carnivora – Artiodactyla, Boitani L., Lovari S., Vigna Taglianti A. Eds, Fauna d'Italia, 38. Edizioni Calderini, Bologna.

299. Vigna Taglianti A., 2003 – *Un prete naturalista*. pp. 163-168. - In: Monsignor Alfonso Maria Riberi. Uomo di chiesa, uomo di studio (1876-1952), Griseri G., Gazzola G.M., Mano L. Eds, Bollettino della Società per gli Studi storici, archeologici e artistici della Provincia di Cuneo, 129: 230 pp.

300. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2004 – *A Brief History of Research*. pp. 18-23. - In: Wildlife in Italy, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S- Eds, Touring Editore, Milano, and Ministry for the Environment and Territory, Roma, 448 pp.

301. Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2004 – *An Overall Wiew of Italian Wildlife*. pp. 23-28. - In: Wildlife in Italy, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S. Eds, Touring Editore, Milano, and Ministry for the Environment and Territory, Roma, 448 pp.

302. Chemini C., Vigna Taglianti A., 2004 – *Animals of the High Mountains*. pp. 46-73. - In: Wildlife in Italy, Minelli A., Chemini C., Argano R., Ruffo S. Eds, Touring Editore, Milano, and Ministry for the Environment and Territory, Roma, 448 pp.

303. Vigna Taglianti A., 2004 – *L'Entomologia nella scienza italiana, con particolare riguardo alla Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL*. - Rendiconti dell'Accademia nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze fisiche e naturali, 121 (2003): 57-89.

304. Vigna Taglianti A., Zanetti A., Manfrin C., 2004 – *Coleotteri Carabidi*. pp. 149-157. - In: Il Monte Pastello, Latella L. Ed. - Memorie del Museo Civico di Storia naturale di Verona, (2) Monografie naturalistiche, 1, 339 pp., 3 carte.

305. Sbordoni V., Bologna M.A., Vigna Taglianti A., 2004 – *Gli insetti e la biodiversità.* - Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania 10-15 giugno 2002: 137-148.

306. Fontana P., Buzzetti F.M., Tollis P., Vigna Taglianti A., 2004 – *The Orthopteroid insects of the Abruzzo, Lazio and Molise National Park and surrounding localities (Central Apennine, S Italy) (Blattaria, Mantodea, Orthoptera, Phasmatodea, Dermaptera).* - Memorie della Società entomologica italiana, 82 (2) (2003): 557-614.

307. Stoch F., Zoia S., Minelli A., Ruffo S., La Posta A., Vigna Taglianti A., 2004 – *Aggiornamenti alla Checklist delle specie della fauna italiana. Nuove norme*. - Bollettino della Società entomologica italiana, 136: 251-256.

308. Vigna Taglianti A., 2004 – *Fauna Europaea: Carabidae*. - In: Fauna Europaea: Coleoptera 2, Audisio P. Ed., Fauna Europaea 1.1 http://www.faunaeur.org. (last update 19. April 2007 – version 1.3).

309. Vigna Taglianti A., 2004 – *Presentazione.* - Filogenesi e sistematica dei carabidi. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Coppini, Firenze, vi + 211-364.

310. Vigna Taglianti A., 2004 – *Carabidae (Coleoptera),* pp. 51-63. - In: Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, secondo contributo, Cerretti P., Hardersen S., Mason F., Nardi G., Tisato M., Zapparoli M. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati, 3. Cierre Grafica Editore, Verona, 304 pp.

311. Cerretti P., Whitmore D., Mason F., Vigna Taglianti A., 2004 – *Survey on the spatio-temporal distribution of tachinid flies – using Malaise traps (Diptera, Tachinidae),* pp. 229-256. - In: Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, secondo contributo. Cerretti P., Hardersen S., Mason F., Nardi G., Tisato M., Zapparoli M. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati, 3. Cierre Grafica Editore, Verona, 304 pp.

*312. Casale A., Vigna Taglianti A., 2004 – *Coleotteri caraboidei delle Alpi e Prealpi centro-orientali, e loro significato biogeografico (Coleoptera, Caraboidea).* - Biogeografia delle Alpi e Prealpi centro-orientali, Rabbi (TN) 6-9 settembre 2004, Programma e Riassunti: 20-22.

313. Iannilli V., Vigna Taglianti A., 2005 – *New data on the genus* Niphargus *(Amphipoda, Niphargidae) in Italy, with description of a new species of the* orcinus *group*. - Crustaceana, 77 (10) (2004): 1253-1261.

314. Fanfani A., Vigna Taglianti A., 2005 – *Mario Pavan (1918-2003).* - Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 52 (2004): 47-79.

*315. Vigna Taglianti A., 2005 – *Distribuzione geografica e tipi corologici della fauna italiana di Carabidae (Coleoptera).* - XX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Perugia - Assisi 13-18 Giugno 2005, Proceedings: 73.

316. Vigna Taglianti A., 2005 – [*Presentazione*]. - In: Checklist e distribuzione della Fauna italiana, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 10, con CD-ROM.

317. Stoch F., Vigna Taglianti A., 2005 – *I corotipi della fauna italiana*. - In: Checklist e distribuzione della Fauna italiana, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 25-28, con CD-ROM.

318. Minelli A., Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2005 – *Le province faunistiche italiane*. - In: Checklist e distribuzione della Fauna italiana, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 37-39, con CD-ROM.

319. Vigna Taglianti A., 2005 – *Insecta Dermaptera*. - In: Checklist e distribuzione della della Fauna italiana, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 141-142, con dati su CD-ROM.

320. Casale A., Vigna Taglianti A., Brandmayr P., Colombetta G., 2005 – *Insecta Coleoptera Carabidae (Carabini, Cychrini, Trechini, Abacetini, Stomini, Pterostichini).* - In: Checklist e distribuzione della Fauna italiana, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 159-163, con dati su CD-ROM.

321. Blasi C., Filibeck G., Vigna Taglianti A., 2005 – *Biodiversità e biogeografia*. pp. 40-56. - In: Stato della biodiversità in Italia, contributo alla strategia nazionale per la biodiversità, Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. Eds, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Direzione per la Protezione della Natura, Palombi Editori, Roma.

322. Audisio P., Vigna Taglianti A., 2005 – *Coleotteri*. pp.

249-255. - In: Stato della biodiversità in Italia, contributo alla strategia nazionale per la biodiversità, Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. Eds, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio-Direzione per la Protezione della Natura, Palombi Editori, Roma.

323. Vigna Taglianti A., 2005 – *Distribuzione geografica e tipi corologici dei Carabidi italiani*. pp. 74-82. - In: I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità, Brandmayr P., Zetto T., Pizzolotto R. Eds, Manuale operativo, APAT, Manuali e Linee Guida, 34: 240 pp.

324. Vigna Taglianti A., 2005 – *Checklist e corotipi delle specie di Carabidae della fauna italiana. Appendice B*. pp. 186-225. - In: I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità, Brandmayr P., Zetto T., Pizzolotto R. Eds, Manuale operativo. APAT, Manuali e Linee Guida, 34: 240 pp.

*325. Balletto E., Borghesio L., Bonelli S., Casale A., Vigna Taglianti A., Brandmayr P., 2005 – *Hotspots di biodiversità, complementarità e priorità per la conservazione della fauna in Italia*. - 66° Congresso Nazionale Unione Zoologica Italiana, Roma 19-22 Settembre 2005, Riassunti dei contributi scientifici: 12.

326. Vigna Taglianti A., 2005 – *Chorotypes and biogeography of the Italian Carabid fauna (Coleoptera, Carabidae)*. pp. 129-134. - In: Ground beetles as a key group for biodiversity conservation studies in Europe, Serrano J., Gómez-Zurita J., Ruiz C. Eds, XII European Meeting of Carabidologists, Murcia (Spain), September 19-22, 2005, 316 pp.

327. Iannilli V., De Matthaeis E., Vigna Taglianti A., 2005 – Gammarus lacustris *(Amphipoda, Gammaridae) nella fauna italiana*. - Studi trentini di Scienze naturali, Acta biologica, 81 (2004): 149-156.

328. Vigna Taglianti A., 2005 – *Il contributo della Società Entomologica Italiana alla biogeografia*. - Biogeografia delle Alpi e Prealpi centro-orientali. Biogeographia, 26: 7-18.

329. Casale A., Vigna Taglianti A., 2005 – *Coleotteri Caraboidei delle Alpi e Prealpi centrali e orientali, e loro significato biogeografico (Coleoptera, Caraboidea)*. - Biogeografia delle Alpi e Prealpi centro-orientali. Biogeographia, 26: 129-201.

330. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2005 – *Le Alpi orientali come zona di transizione nel popolamento dei Bembidini (Coleoptera, Carabidae)*. - Biogeografia delle Alpi e Prealpi centro-orientali. Biogeographia, 26: 203-228.

331. Vigna Taglianti A., 2005 – *Considerazioni conclusive sul XXXV Congresso della Società Italiana di Biogeografia (Rabbi, TN, 6-9 settembre 2004)*. - Biogeografia delle Alpi e Prealpi centro-orientali. Biogeographia, 26: 543-547.

*332. Vigna Taglianti A., 2006 – *I Coleotteri Carabidi dell'appennino Centrale: composizione e dinamica del popolamento*. - XXXVI Congresso della Società Italiana di Biogeografia, L'Aquila, 6-9 settembre 2006, Programma e riassunti: 67.

333. Vigna Taglianti A., 2006 – Book review. *Hernández Alfredo Bueno, Bousquets Jorge Llorente. 2004. L'evoluzione di un evoluzionista. Alfred Russel Wallace e la geografia della vita (Italian edition by M. Zunino, translation by F. Zunino). Torino: Bollati Boringhieri. 174 pp.* - Italian Journal of Zoology, 73: 291-292.

334. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2006 – *Insetti di Roma - Biodiversità in un ecosistema urbano*. - Museo di Zoologia, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Edizioni Belvedere, Latina, 71 pp.

335. Magrini P., Baviera C., Vigna Taglianti A., 2006 – *Note sul genere* Duvalius *in Sicilia con descrizione di due nuove specie (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 38: 33-53.

336. Magrini P., Vigna Taglianti A., 2006 – *Tre nuovi* Ocys *orofili italiani (Coleoptera Carabidae)*. - Bollettino della Società entomologica italiana, 138 (3): 181-195.

337. Carpaneto G.M., Mazziotta A., Vigna Taglianti A., 2006 – *Ricerche preliminari sui Coleotteri.* pp. 205-214. - In: Biodiversità, gestione, conservazione di un'area umida del litorale tirrenico: la Palude di Torre Flavia, Battisti C. Ed., Provincia di Roma, Gangemi Editore, Roma, 496 pp.

338. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 2006 – *Entomologia*. ETS Treccani, 11 pp.

339. Capanna E., Chimenz C., Vigna Taglianti A., 2006 – *Zoologia Cesiana nei codici manoscritti dell'Institut de France*. pp. 139-180. - In: Federico Cesi: un principe naturalista, Graniti A. Ed., Atti dei Convegni Lincei, 225, Accademia nazionale dei Lincei, Roma, Bardi Editore, 664 pp.

340. Vigna Taglianti A., 2007 – [*Presentation*]. In: Checklist and distribution of the Italian Fauna, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 17 (2006): 10, with CD-ROM.

341. Stoch F., Vigna Taglianti A., 2007 – *The chorotypes of the Italian fauna*. In: Checklist and distribution of the Italian Fauna, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 17 (2006): 25-28, with CD-ROM.

342. Minelli A., Ruffo S., Vigna Taglianti A., 2007 – *The Italian faunal Provinces*. In: Checklist and distribution of the Italian Fauna, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 17 (2006): 37-39, with CD-ROM.

343. Vigna Taglianti A., 2007 – *Insecta Dermaptera*. In: Checklist and distribution of the Italian Fauna, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 17 (2006): 141-142, with data on CD-ROM.

344. Blasi C., Filibeck G., Vigna Taglianti A., 2007 – *Biodiversity and Biogeography*. pp. 40-56. - In: Biodiversity in Italy, contribution to the National Biodiversity Strategy Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. Eds, Ministry for the Environment Land and Sea Protection-Nature Protection Directorate, Palombi Editori, Roma.

345. Audisio P., Vigna Taglianti A., 2007 – *Coleopterans*. pp. 249-255. - In: Biodiversity in Italy, contribution to the National Biodiversity Strategy, Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. Eds, Ministry for the Environment Land and Sea Protection-Nature Protection Directorate, Palombi Editori, Roma.

346. Casale A., Vigna Taglianti A., Brandmayr P., Colombetta G., 2007 – *Insecta Coleoptera Carabidae (Carabini, Cychrini, Trechini, Abacetini, Stomini, Pterostichini)*. - In: Checklist and distribution of the Italian Fauna, Ruffo S., Stoch F. Eds, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 17 (2006): 159-163 with data on CD-ROM.

347. Vigna Taglianti A., 2007 – *Quando il mondo finiva al di qua della lente*. pp. 95-101. - In: Natura picta, Ulisse

Aldrovandi, Alessandrini A., Ceregato A. Eds, Editrice Compositori, Bologna, 670 pp.

348. Di Giulio A., Kaupp A., Fattorini S., Vigna Taglianti A., Nagel P., 2007 – *Pupal morphology in the subfamily Paussinae (Coleoptera: Carabidae)*. - Revue Suisse de Zoologie, 114: 33-48.

349. Fochetti R., Vigna Taglianti A., 2007 – *La voce del fiume - gli insetti raccontano la qualità delle acque*. - Museo di Zoologia, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Edizioni Belvedere, Latina, 71 pp.

*350. Cerretti P., Vigna Taglianti A., 2007 – *Le chiavi interattive nella tassonomia del XXI secolo*. - XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Campobasso 11-16 Giugno 2007, Proceedings: 24-25.

351. Vigna Taglianti A., 2007 – *I Dermatteri (Dermaptera)*, pp. 81-86. - In: Artropodi del Parco Nazionale del Vesuvio: ricerche preliminari, Nardi G., Vomero V. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati, 4. Cierre edizioni, Verona, 496 pp.

352. Vigna Taglianti A., 2007 – *I Coleotteri Carabidi (Coleoptera: Carabidae)*, pp. 99-112. - In: Artropodi del Parco Nazionale del Vesuvio: ricerche preliminari, Nardi G., Vomero V. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati, 4. Cierre edizioni, Verona, 496 pp.

353. Vigna Taglianti A., Bonavita P., Maltzeff P., 2007 – *I Carabidi della Tenuta Presidenziale di Castelporziano. Addenda (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 62 (1-4): 101-103.

354. Vigna Taglianti A., 2007 – *Considerazioni conclusive sul XXXVI Congresso della Società Italiana di Biogeografia (L'Aquila, 6-9 settembre 2006)*. - Biogeographia, 28: 639-647.

355. Genovesi P., Ambrogi-Occhipinti A., Andreotti A., Audisio P., Baccetti N., Blasi C., Celesti Grapow L., Gherardi F., Giusti F., Guberti V., Randi E., Riga F., Sbordoni V., Serra L., Spina F., Toso S., Trocchi V., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., Zerunian S., Zuffi M., 2007 – *Linee guida per la reintroduzione e il ripopolamento di specie animali e vegetali di interesse comunitario*. - Quaderni di Conservazione della Natura, 27, Ministero dell'Ambiente - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, 51 pp.

356. Loy A., Genov P., Galfo M., Iacobone M.G., Vigna Taglianti A., 2008 – *Cranial morphometrics of the Apennine brown bear (*Ursus arctos marsicanus*) and preliminary notes on the relationships with other southern European populations*. - Italian Journal of Zoology, 75 (1): 67-75.

357. Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2008 – *La fauna del suolo: diversità e significato*. - I Georgofili, Quaderni, 2007 – V, Sezione Centro Ovest, "La vita nel suolo", 52-69.

358. Vigna Taglianti A., Zilli A., 2008 – *Il Conte e le Farfalle: omaggio a Federico Hartig*. - Museo di Zoologia, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Edizioni Belvedere, Latina, 76 pp.

359. Vigna Taglianti A., 2008 – *A new species of* Esphalmenus *from the Great Andes of the Ecuador (Dermaptera, Pygidicranidae)*. pp. 67-75. - In: Biodiversity of South America, I. Giachino P.M. Ed., Memoirs on Biodiversity, World Biodiversity Association onlus, Verona, 1, 496 pp.

360. Vigna Taglianti A., Toledano L., 2008 – Bembidion (Ecuadium) agonoides *n. sp. from Ecuador (Coleoptera, Carabidae, Bembidiina)*. pp. 77-80. - In: Biodiversity of South America, I, Giachino P.M. Ed., Memoirs on Biodiversity, World Biodiversity Association onlus, Verona, 1, 496 pp.

361. Bonavita P., Avgin S., Vigna Taglianti A., 2008 – *Taxonomic and zoogeographical notes on* Ocydromus (Nepha) vseteckai *(Coleoptera, Carabidae)*. pp. 379-396. - In: Advances in the studies of the fauna of the Balcan Peninsula, Papers dedicated to the memory of Guido Nonveiller, Pavićević D., Perreau M. Eds, Institute for Nature Conservation of Serbia, Belgrade, Monograph n° 22, viii + 564 pp.

362. Mifsud D., Vigna Taglianti A., 2008 – Nala lividipes *(Dufour, 1828), a new earwig for the Maltese Islands (Dermaptera: Labiduridae)*. - Bulletin of the Entomological Society of Malta, 1: 11-13.

363. Audisio P., Vigna Taglianti A., 2008 – *Artropodi. Coleoptera*. pp. 212-223. - In: Habitat e specie di interesse comunitario nel Lazio, Calvario E., Sebasti S., Copiz R., Salomone F., Brunelli M., Tallone G., Blasi C. Eds, Edizioni ARP - Agenzia Regionale Parchi, Roma, 400 pp.

364. Vigna Taglianti A., Magrini P., 2008 – *Dieci nuovi* Duvalius *del Lazio (Coleoptera, Carabidae)*. Fragmenta entomologica, 40: 9-81.

365. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2008 – *Note sulle specie italiane di* Sinechostictus *del gruppo* decoratus *(Coleoptera Carabidae)*. - Memorie della Società entomologica italiana, 87: 61-77.

366. Vigna Taglianti A., Falchi N., Mei M., 2009 – *Disegnare gli insetti – un'arte e una scienza*. - Museo di Zoologia, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Edizioni Belvedere, Latina, 76 pp.

367. Carpaneto G.M., Vigna Taglianti A., 2009 – *Inquadramento biogeografico e corologico dei Mammiferi italiani*. pp. 47-53. - In: I Mammiferi della Provincia di Roma, dallo stato delle conoscenze alla gestione e conservazione delle specie, Amori G., Battisti C., De Felici S. Eds, Provincia di Roma, Assessorato alle politiche dell'Agricoltura, Stilgrafica, Roma: 352 pp.

368. Vigna Taglianti A., 2009 – *Dermatteri della Riserva Naturale "Agoraie di Sopra e Moggetto" (Liguria, Genova) (Dermaptera)*. - Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 64 (1-4): 91-97.

369. Vigna Taglianti A., 2009 – *I Carabidi delle Riserve Naturali "Agoraie di Sopra e Moggetto" (Liguria, Genova) e "Guadine Pradaccio" (Emilia-Romagna, Parma) (Coleoptera, Carabidae)*. - Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 64 (1-4): 99-127.

370. Vigna Taglianti A., 2009 – *An updated checklist of the ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Sardinia*. - In: Research on the Terrestrial Arthropods of Sardinia, Cerretti P., Mason F., Minelli A., Nardi G., Whitmore D. Eds, Zootaxa, 2318, 169–196.

371. Vigna Taglianti A., Magrini P., 2009 – *A new subgenus and a new species of* Trechus *from Ethiopia (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 41(1): 69-76.

372. Vigna Taglianti A., 2009 – *Presentazione*. - In: Gli uccelli delle Alpi - come riconoscerli, dove e quando osservarli, Caula B., Beraudo P.L., Pettavino M., Blu Edizioni, 320 pp.

373. Balletto E., Bonelli S., Borghesio L., Casale A., Brandmayr P., Vigna Taglianti A., 2010 – *Hotspots of biodiversity and conservation priorities: A methodological approach*. - Italian Journal of Zoology, 77: 2-13.

374. Neri P., Bonavita P., Vigna Taglianti A., Gudenzi I.,

2010 – *Note tassonomiche e nomenclatoriali su alcuni Bembidiina della fauna italiana (Insecta Coleoptera Carabidae).* - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 29 (2009): 117-132.

375. Vigna Taglianti A., 2010 – *Fauna Europaea: Carabidae*. – In: Fauna Europaea: Coleoptera 2, Beetles, Audisio P. Ed., Fauna Europaea version 2.4. Available from http://www.faunaeur.org.

376. Vigna Taglianti A., 2010 – *In ricordo di Sandro Ruffo (26 agosto 1915 – 7 maggio 2010)*. - Fragmenta entomologica, 42 (1): 361-364.

377. Vigna Taglianti A., 2010 – *Parco, Insetti e Biodiversità*. - Natura protetta. Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, 6: 20-21.

378. Vigna Taglianti A., 2010 – *Insecta Dermaptera*. Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (parte II), cap. 26. - Biologia marina mediterranea, 17 (suppl. 1): 545-546.

379. Audisio P., Vigna Taglianti A., 2010 – *Insecta Coleoptera*. Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (parte II), cap. 27. - Biologia marina mediterranea, 17 (suppl. 1): 547-571.

380. Vigna Taglianti A., 2010 – *Presentazione*. – In: I tachinidi della fauna italiana (Diptera Tachinidae) con chiave interattiva dei generi ovest-paleartici. Vol. I., Cerretti P., Centro Nazionale Biodiversità Forestale, Verona, Cierre Edizioni, Verona, 573 pp. + CR-ROM.

381. Neri P., Vigna Taglianti A., 2010 – *Note su* Ocydromus alticola *e* O. incognitus*, con descrizione di una nuova razza di* alticola *dei Monti della Laga, Appennino Centrale (Coleoptera Carabidae).* - Bollettino della Società entomologica italiana, 142 (3): 111-120.

382. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2010 – Ocydromus *subg.* Nepha *Motschulski, 1864: revisione tassonomica, filogenesi e biogeografia (Coleoptera Carabidae).* - Memorie della Società entomologica italiana, 89: 7-180.

383. Neri P., Bonavita P., Vigna Taglianti A., Gudenzi I., 2010 – *Note tassonomiche e nomenclatoriali (2° contributo) su alcuni Bembidiina della fauna italiana (Insecta Coleoptera Carabidae)*. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 31: 119-133.

384. Vigna Taglianti A., 2011 – *Ruffo, i* Niphargus *e la Yugoslavia*. - In: Sandro Ruffo, ricordi di allievi e amici, Latella L. Ed., Museo Civico di Storia Naturale di Verona: 183-186.

385. Vigna Taglianti A., Bonavita P., Rizzo V., 2011 – *I Carabidi (Coleoptera, Carabidae) della Riserva Naturale Regionale Monterano*. pp. 76-86. – In: La Riserva Naturale Regionale Monterano, ricerca e gestione, Mantero F.M., Verucci P. Eds, Quaderni della Riserva Naturale Regionale Monterano, 11: 192 pp.

386. Baini F., Bologna M.A., Zapparoli M., Vigna Taglianti A., 2011 – *Tassocenosi a Carabidi (Coleoptera, Carabidae) in rimboschimenti monospecifici a* Quercus *spp. del Lazio*. - Abstracts Volume, XXIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Genova, 13-16 giugno 2011: 162.

387. Massa B., Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 2011 – *La Biogeografia della Sicilia: considerazioni conclusive sul XXXVII Congresso della Società Italiana di Biogeografia*. - Biogeographia, 30: 685-694.

388. Vigna Taglianti A., 2011 – *I Dermatteri di Sardegna (Dermaptera)*. - In: Biodiversity of Marganai and Montimannu (Sardinia), research in the framework of the ICP forests network, Nardi G., Whitmore D., Bardiani M., Birtele D., Mason F., Spada L., Cerretti P. Eds, Conservazione Habitat Invertebrati, 5: 269-285.

389. Baiocchi S., Fattorini S., Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2012 – *Patterns of beta-diversity in riparian ground beetle assemblages (Coleoptera Carabidae): A case study in the River Aniene (Central Italy)*. - Italian Journal of Zoology, 79 (1): 136-150.

390. Colangelo P., Loy A., Huber D., Gomercic T., Vigna Taglianti A., Ciucci P., 2012 – *Cranial distinctiveness in the Apennine brown bear: genetic drift effect or ecophenotypic adaptation?* - Biological Journal of the Linnean Society, 107: 15-26.

391. Baini F., Bologna M.A., Pitzalis M., Taiti S., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2012 – *Effetto di variabili ambientali sulla densità di attività di tassocenosi edafiche (Isopoda Oniscidea, Chilopoda, Coleoptera Carabidae) in habitat forestali dell'Italia centrale*. - 73° Congresso Nazionale U.Z.I., Firenze 24-27 settembre 2012, Riassunti dei contributi: 68.

392. Baini F., Pitzalis M., Taiti S., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., Bologna M.A., 2012 – *Effects of reforestations with* Quercus *species on selected arthropod assemblages (Isopoda Oniscidea, Chilopoda, Coleoptera Carabidae) in a Mediterranean area*. - Forest Ecology and Management, 286: 183-191.

393. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2012 – *Prime note su Carabidi (Coleoptera, Carabidae) dei Monti Cornicolani*. pp. 161-165. - In: Sant'Angelo Romano (Monti Cornicolani, Roma), n territorio ricco di storia e di natura, Giardini M. Ed., Comune di Sant'Angelo Romano, Regione Lazio, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile. Grafica Ripoli, Tivoli: 368 pp.

394. Iannilli V., Vigna Taglianti A., 2012 – *Gli Anfipodi delle acque sotterranee (Crustacea, Amphipoda) dei Monti Cornicolani*. pp. 305-308. - In: Sant'Angelo Romano (Monti Cornicolani, Roma), un territorio ricco di storia e di natura, Giardini M. Ed., Comune di Sant'Angelo Romano, Regione Lazio, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile. Grafica Ripoli, Tivoli: 368 pp.

395. Bruschi S., Vigna Taglianti A., 2012 – *Notes on some species of* Calosoma *Weber, 1801 with particular reference to the populations of the Himalaya (Insecta: Coleoptera: Carabidae)*. pp. 197-209. – In: Biodiversität und Naturausstattung im Himalaya IV, Hartmann M., Weipert J. Eds, Verein der Freunde e Förderer des Naturkundemuseums Erfurt e.V., 450 pp., xxxix tavv.

396. Magrini P., Quéinnec E., Vigna Taglianti A., 2012 – *A new subgenus and two new species of* Trechus *from Ethiopia (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 44 (1): 19-32.

397. Neri P., Bonavita P., Vigna Taglianti A., Gudenzi I., 2012 – *Note tassonomiche e nomenclatoriali (3° contributo) su alcuni Bembidiina della fauna italiana (Insecta Coleoptera Carabidae)*. - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 36: 89-95.

398. Trizzino M., Audisio P., Bisi F., Bottacci A., Campanaro A., Carpaneto G.M., Chiari S., Hardersen S., Mason F., Nardi G., Preatoni D., Vigna Taglianti A., Zauli A., Zilli A., Cerretti P. Eds, 2013 – *Gli artropodi italiani in Direttiva Habitat: biologia, ecologia, riconoscimento e monitoraggio*. - Quaderni Conservazione Habitat, 7, CFS-CNBFVR, Centro Nazionale Biodiversità Forestale. Cierre Grafica, Sommacampagna, Verona, 256 pp.

399. Brandmayr P., Giorgi F., Casale A., Colombetta G., Mariotti L., Vigna Taglianti A, Weber F., Pizzolotto R., 2013 – *Hypogean Carabid Beetles as Indicators of Global Warming?* - IOP, Environmental Research Letters,

8 (2013) 044047 (11pp) doi: 10.1088/1748-9326/8/4/044047

400. Magrini P., Quéinnec E., Vigna Taglianti A., 2013 – *A new species of* Trechus *from the Ethiopian plateau (Coleoptera, Carabidae)*. - Fragmenta entomologica, 45 (1-2): 17-24 8 (https://doi.org/10.4081/fe.2013.13) 401.

Lana E., Vigna Taglianti A., 2013 – *50 anni di Biospeleologia cuneese*. Mondo Ipogeo, l7: 137-139.

402. Baini F., Bologna M.A., Pitzalis M., Taiti S., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2014 – *Assessing patterns of co-occurrence and nestedness of arthropod assemblages* in *an artificial–natural Mediterranean forest mosaic (Isopoda Oniscidea, Chilopoda, Coleoptera Carabidae)*. - Rend. Fis. Acc. Lincei (2014) 25: 339-350, DOI 10.1007/s12210-014-0302-4

403. Isaia M., Paschetta M., Gobbi M., Zapparoli M., Chiarle A., Vigna Taglianti A., 2014 – *Stand maturity affects positively ground-dwelling arthropods in a protected beech forest.* - Annals of Forest Science, DOI 10.1007/s 13595-014-0441-x

404. Zapparoli M., De Matthaeis E., Vigna Taglianti A., 2014 – *Invertebrati terrestri e dulcacquicoli della Riserva Naturale Saline di Tarquinia e delle aree adiacenti*. - In: La Riserva Naturale Statale "Saline di Tarquinia", Colletti L. Ed., Corpo forestale dello Stato, Ufficio territoriale per la Biodiversità di Roma, pp. 158-171.

*405. Lacasella F., Marta S., Gratton C., De Felici S., Isaia M., Zapparoli M., Luciani M., Middei L., Vigna Taglianti A., 2014 – *Quanto è importante l'area del frammento? Risposte della comunità di artropodi forestali alla frammentazione dell'habitat*. - XXIV Congresso della Società Italiana di Ecologia "L'Ecologia oggi, responsabilità e governance", 15-17 settembre 2014, Ferrara, Abstract, p. 54.

406. Mosconi F., Zilli A., Spicciarelli R., Maurizi E., Vigna Taglianti A., Audisio P., 2014 – An overview on the most outstanding Italian endemic moth, *Brahmaea* (*Acanthobrahmaea*) *europaea (Lepidoptera: Brahmaeidae)*. - Fragmenta entomologica, 46: 1-9.

407. Neri P., Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2015 – *Note tassonomiche e sinonimiche su alcuni Bembidiina del genere* Sinechostictus *Motschulsky, 1864 (Insecta Coleoptera Carabidae).* - Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 41: 83-98.

408. Fattorini S., Vigna Taglianti A., 2015 – *Use of taxonomic and chorological diversity to highlight the conservation value of insect communities in a Mediterranean coastal area: the carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) of Castelporziano (Central Italy)*. - Rendiconti Lincei-Scienze Fisiche e Naturali, 26: 625-641 (doi:10.1007/s12210-015-0442-1)

409. Audisio P., Alonso Zarazaga M.A., Slipinski A., Nilsson A., Jelínek J., Vigna Taglianti A., Turco F., Otero C., Canepari C., Kral D., Liberti G., Sama G., Nardi G., Löbl I., Horak J., Kolibac J., Háva J., Sapiejewski M., Jäch M, Bologna M.A., Biondi M., Nikitsky N.B., Mazzoldi P., Zahradnik P., Wegrzynowicz P., Constantin R., Gerstmeier R., Zhantiev R., Fattorini S., Tomaszewska W., Rücker W. H., Vazquez-Albalate X., Cassola F., Angelini F., Johnson C., Schawaller W., Regalin R., Baviera C., Rocchi S., Cianferoni F., Beenen R., Schmitt M., Sassi D., Kippenberg H., Zampetti M.F., Trizzino M., Chiari S., Carpaneto G.M., Sabatelli S., De Jong Y., 2015 – *Fauna Europaea: Coleoptera 2 (excl. Series Elateriformia, Scarabaeiformia, Staphyliniformia and superfamily Curculionoidea)*. - Biodiversity Data Journal 3: e4750 (doi: 10.3897/BDJ.3.e4750).

410. Gnetti V., Bombi P., Vigna Taglianti A., Bologna M.A., D'Andrea E., Cammarano M., Bascetto M., De Cinti B., Matteucci G., 2015 – *Temporal dynamic of a ground beetle community of Eastern Alps (Coleoptera Carabidae)*. - Bulletin of Insectology, 68 (2): 299-309.

411. Bonavita P., Toledano L., Maddison D.R., Vigna Taglianti A., 2016 – *Bembidiina of Afrotropical region:* Bembidion *subgenus* Omotaphus *Netolitzky, 1914 (Coleoptera, Carabidae, Bembidiini)*. - Entomologische Blätter und Coleoptera, 112(1): 1-40.

412. Vigna Taglianti A., Bologna M.A., Rovelli V., Zapparoli M., 2016 – *Invertebrati.* Rhysodes sulcatus *(Fabricius, 1787) (Risode solcato)*, pp. 54-55. - In: Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali, Stoch F., Genovesi P. Ed., ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016, XII + 364 pp.

413. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2018 – Bembidionetolitzkya *Strand, 1929 of Africa, with the description of a new species (Coleoptera, Carabidae, Bembidiini, Bembidion)*. - Entomologische Blätter und Coleoptera, 114: 119-125.

414. Corcos D., Cerretti P., Mei M., Vigna Taglianti A., Paniccia D., Santoiemma G., De Biase A., Marini M., 2018 – *Predator and parasitoid insects along elevational gradients: role of temperature and habitat diversity*. - Oecologia, 188 (1): 193-202.

415. Bologna M.A., Boero F., Bonato L., Casale A., Curini Galletti M., Massa B., Minelli A., Oliverio M., Vigna Taglianti A., Zapparoli M., 2018 – *The new Checklist of the Italian fauna*. - 5-27/06/18 Conferenza Annuale LifeWatch Italia 2018

416. Mazzei A., Audisio P., Vigna Taglianti A., Brandmayr P., 2019 – *Geographical distribution and conservation status of the threatened saproxylic beetles* Rhysodes sulcatus *(Fabricius, 1787),* Clinidium canaliculatum *(O.G. Costa, 1839) and* Omoglymmius germari *(Ganglbauer, 1891) in Italy (Coleoptera: Rhysodidae)*. - Fragmenta entomologica, 51: 89-96 (https://doi.org/10.4081/fe.2019.337)

417. Bombi P., Gnetti V., D'Andrea E., De Cinti B., Vigna Taglianti A., Bologna M.A., Matteucci G., 2019 – *Identifying priority sites for insect conservation in forest ecosystems at high resolution: the potential of LiDAR data*. - Journal of Insect Conservation, 23 (4): 689-698 (https://doi.org/10.1007/s10841-019-00162-w)

418. Bonavita P., Vigna Taglianti A., 2020 – *Bembidiina of Afrotropical region. 2* – Odontium *subg.* Microserrullula *Netolitzky, 1921 (Coleoptera, Carabidae, Bembidiina)* - in preparazione.

419. Sbordoni V., Vigna Taglianti A., (eds), 1978 – *Fauna ipogea di Turchia.* Quaderni di Speleologia, Circolo Speleologico Romano, 3 (1978-79):1-73.[1]

[1] Questo lavoro è stato aggiunto alla fine della lista, e non in ordine cronologico, in quanto rinvenuto solo durante la correzione delle bozze.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 77-85

COMMEMORAZIONE DEL PROF. RAFFAELE MONACO

GIORGIO NUZZACI[a]

[a]*Accademico Ordinario*
E-mail: giorgio@nuzzaci.it
Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, svoltasi da remoto, 21 novembre 2020

Principali tappe della carriera accademica e scientifica

Nasce ad Ariano Irpino (Av) il 25/5/1940 e trascorre la sua infanzia in un ambiente rurale dalle caratteristiche naturalistiche particolarmente integre e ricche di aspetti che hanno determinato in Raffaele una grande capacità di osservare i fenomeni biologici che lo circondavano. Ciò ha influito sulle sue attitudini e successive scelte di studi.

Frequenta i corsi, come interno al Convitto dell'Istituto Tecnico Agrario G. Pavoncelli di Cerignola, dove nel Luglio 1959 consegue il Diploma per l'Abilitazione di Tecnico Agrario.

Nel 1964 consegue la Laurea in Scienze Agrarie presso la Facoltà di Agraria di Bari con tesi in Entomologia ed è vincitore nel concorso per l'ammissione ai tecnici diplomati per lo stesso anno, quindi nel Novembre 1964 è nominato Assistente volontario per la cattedra di Entomologia agraria.

Dal Gennaio 1965 fruisce di borsa di studio del C.N.R. per l'Entomologia agraria e a giugno dello stesso anno risulta vincitore di concorso ad Assistente Ordinario per la cattedra di Entomologia agraria.

Dal 21/4/67 al 20/7/68 presta servizio militare di leva in provincia di Latina e al suo rientro viene nominato Assistente Ordinario alla Cattedra di Entomologia agraria dell'Università di Bari.

Ci siamo conosciuti nel settembre del 1967 in occasione di un incontro col Prof. Roberti che cercava un neo laureato in Scienze come collaboratore per la cattedra di Zoologia agraria (io laureato in Scienze biologiche) e mi proponeva una borsa di studio in lotta biologica ed integrata del C.N.R. Io allora mi sentivo un pesce fuor d'acqua mentre Monaco era già "esperto del settore".

Monaco aveva già completato uno studio sull'Antonomo del Mandorlo (*Anthonomus amygdali*), pubblicato nel 1967, il suo tutore era stato il Prof. Giuseppe Martelli, Direttore dell'Osservatorio per le malattie delle piante di Bari, incaricato della didattica nel settore entomologico dell'Università di Bari, in attesa della chiamata a Bari del Prof. Domenico Roberti. Raffaele aveva già avviato una serie di ricerche sui Coleotteri Curculionidi presenti sul territorio.

Tali studi, tutti condotti con accurate descrizioni morfologiche, note sui cicli stagionali, sulla coorte di nemici naturali associati, sono stati arricchiti con note sulla reale dannosità e possibili metodi di lotta.

Durante questa fase di notevole prolificità scientifica, ricordo Raffaele impegnato sino alle prime ore del mattino chino sui suoi disegni di morfologia, molto realistici e di grande efficacia. All'epoca negli Istituti universitari le ricerche tendevano a fornire al ricercatore conoscenze utili ad una didattica improntata alle problematiche del territorio e utili ai contenuti dei corsi per gli studi universitari, pertanto le pubblicazioni erano ricche di osservazioni sui nemici naturali presenti e suggerimenti per un controllo, oltre alla descrizione morfologica di tutti gli stadi di sviluppo.

Con una successione temporale notevole produce pubblicazioni su:

1968 - *Barytychius squanosus* che da larva vive a spese dell'apparato radicale dell'orzo e di altre piante spontanee,

1970 - *Strophomorphus porcellus*, le cui larve sono state individuate come dannose a numerose specie economicamente rilevanti ed in particolare all'apparato radicale. Anche gli adulti vengono segnalati come dannosi sia su piante coltivate ed ornamentali,

1970 - *Apion sp*, note sulla morfologia larvale e comportamento di alcune specie su piante coltivate,

1971 - *Rhytidoderes plicatus* colpevole come larva di pesanti infestazioni all'apparato radicale di cavolo nel territorio di Castellaneta.

Ricordo il fermento scientifico del periodo in cui spesso Monaco trascorreva in Istituto l'intera nottata al microscopio in preparazione di quanto la mattina successiva riferiva al Prof. Roberti; siccome spesso non aveva un orologio al polso succedeva che si presentasse in ritardo ad un appuntamento col Prof. Roberti per il confronto scientifico previsto.

– Pubblicato marzo 2021

Fig. 1 – Un ricordo tra commilitoni durante il servizio di Leva.

Fig. 2 – In laboratorio in una attività di monitoraggio nello studio della dinamica di popolazione della mosca olearia in Puglia.

Nel periodo dimostrava un carattere gioviale che con entusiasmo lo faceva partecipare ad incontri conviviali e a partitelle di calcio che il nostro Istituto organizzava con altri della Facoltà.

Sul finire del decennio 60 inizia ad occuparsi del settore dell'apicoltura con ricerche storiche per il settore in grande difficoltà per l'arrivo dell'acariosi della Varroa. Sul territorio si assisteva ad una trasformazione verso un'apicoltura razionale, processo al quale Raffaele ha dato una accelerazione in Puglia.

A Novembre 1969 e AA successivi ha l'incarico per il corso di Bachicoltura e Apicoltura presso la Facoltà di Agraria di Bari e nel 1971 è dichiarato maturo nel concorso per la cattedra di Entomologia agraria a Portici.

Il 10/7/74 ottiene la stabilizzazione come professore incaricato di Bachicoltura e Apicoltura e il 19/11/1974 gli viene conferita la qualifica di aiuto alla cattedra di Entomologia agraria, presso la Facoltà di Agraria di Bari.

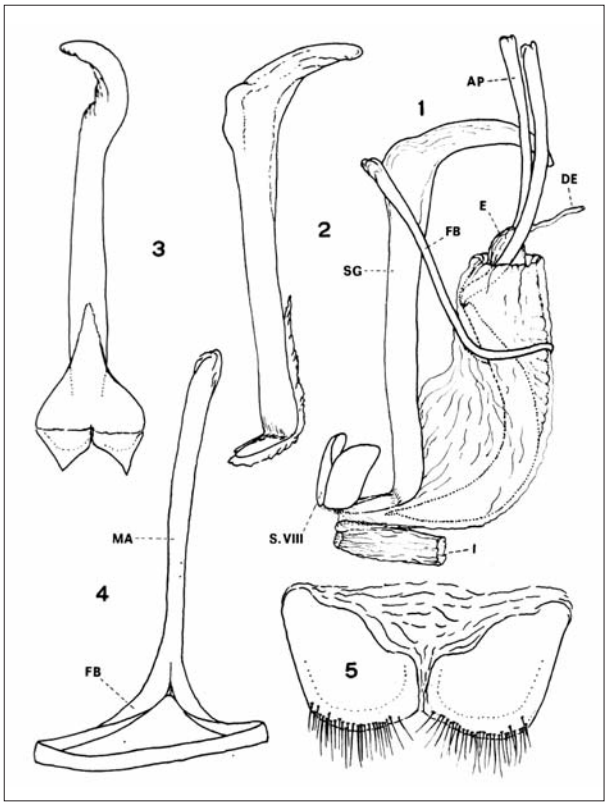

Fig. 3 – Dettagli dell'apparato copulatore del maschio di *Rhytidoderes plicatus.*

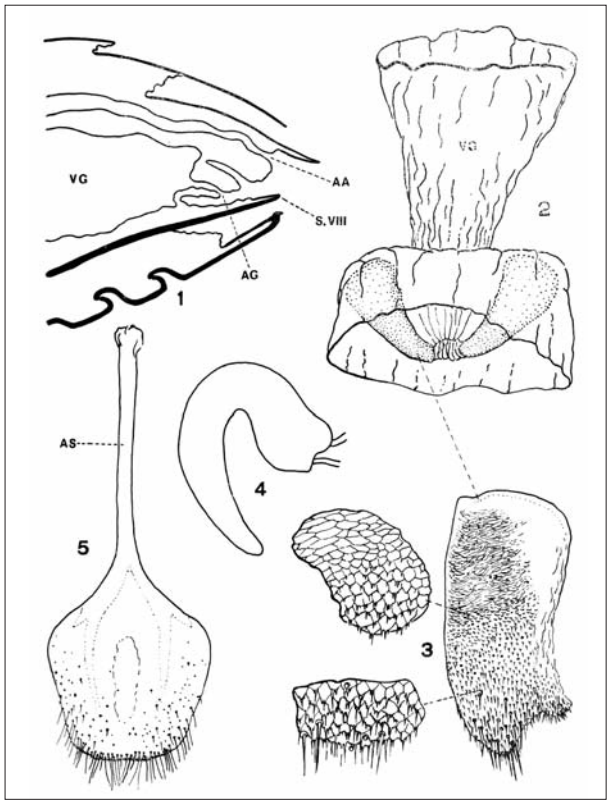

Fig. 4 – Dettagli dell'apparato copulatore della femmina di *Rhytidoderes plicatus.*

Fig. 5 – Scambio di gagliardetto in occasione di un incontro con i Colleghi della Zootecnia.

Fig. 6 – Arnie in muratura dalla caratteristica architettonica particolare in territorio salentino.

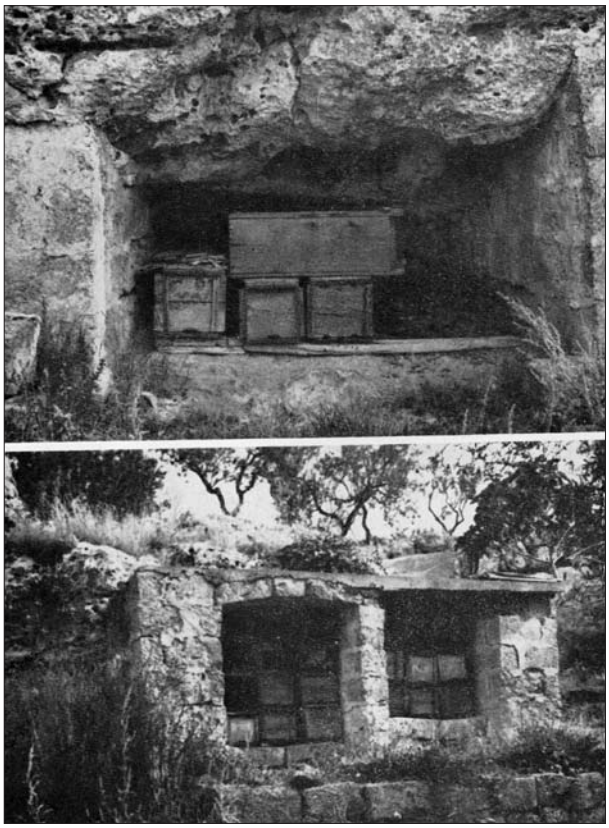

Fig. 7 – Apiari tradizionali in muratura del territorio salentino.

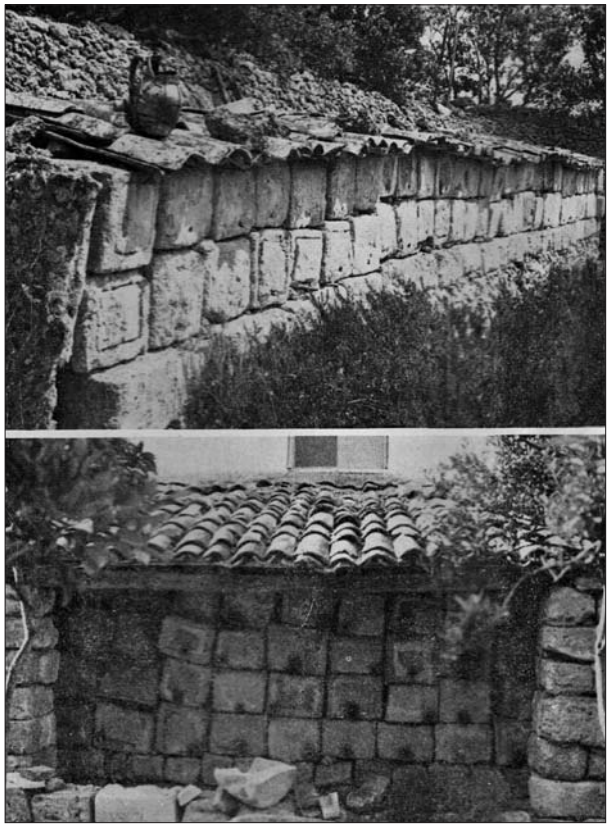

Fig. 8 – Apiari tradizionali in muratura del territorio salentino.

Il primo novembre 1980 viene nominato Professore straordinario di Bachicoltura e Apicoltura e a novembre 1984 avviene il suo trasferimento sulla cattedra di Entomologia Agraria e viene nominato Prof. Ordinario nella Facoltà di Agraria di Bari. La squadra di ricercatori che nell'Università di Bari intanto si era arricchita di altre unità ed insieme a Roberti si distinguevano Solinas, Monaco, Frilli, e tra i più giovani Parenzan Triggiani, de Lillo, Porcelli, Ippolito ed il sottoscritto.

Per un triennio dal 5/8/84 è a disposizione del Ministero Affari Esteri, Università Somala per l'insegnamento di Apicoltura.

Nel triennio 1983/86 è Direttore dell'Istituto di Entomologia Agraria della Facoltà di Agraria di Bari.

Negli anni 80/ 90 è collaboratore del Conseil Oleicole International e dal 31/10/94 al 6/11/94, si reca in Libano su invito dell'Université de Saint-Esprit-Kaslik - Faculté de Sciences Agronomiques per seminari su Apicoltura e visite ad Apiari libanesi

La titolarietà sulla cattedra di Entomologia agraria lo induce ad occuparsi di tanti altri argomenti di interesse del territorio per le colture di frutticoltura e orticoltura.

Sono numerosi i lavori su vari aspetti della protezione di olivo, ciliegio, agrumi, pesco, vite ed anche ornamentali.

La bibliografia, di ciò racconta. Tra le ricerche con questo tema numerose affrontano aspetti di etologia

Fig. 9 – Foto ripresa in occasione di una visita del Prof. Frilli alla sede dell'Istituto di entomologia di Bari.

di parassiti e predatori di importanti fitofagi delle nostre colture. Mi piace ricordare una ricerca in cui, insieme, sul Gargano verificavamo le possibilità di sopravvivenza ai rigori invernali di popolazioni di *Opius concolor* che i colleghi di Palermo allevavano e lanciavano in gran numero nel tentativo di contenere le infestazioni della mosca olearia.

Questo nuovo interesse scientifico rivolto alla individuazione e azione di nemici naturali di specie fitofaghe, per la verità già presente nei lavori sui Coleotteri Curculionidi, si sviluppa anche per numerose specie associate a popolazioni di acari Eriofidi.

Il suo grande interesse rimaneva comunque legato al settore dell'apicoltura in grande sofferenza per la Varroa.

Monaco era convinto che famiglie selvatiche raccolte durante le sciamature primaverili avessero caratteristiche genetiche che inducessero una resistenza o tolleranza alla parassitosi.

Nel tentativo di dimostrare la sua tesi aveva dato la sua personale disponibilità a raccogliere sciami che si formavano sul territorio e che vigili urbani, vigili del fuoco e privati segnalavano in ambienti periurbani; spesso si trattava di sciami già insediati in cassonetti di tapparelle, comignoli o comunque in anfratti difficili da raggiungere e così aveva realizzato e schematizzato un particolare aspiratore che gli consentiva di prelevare tutta la famiglia senza particolari stress per le api e anche per l'operatore, che era sempre lui in prima persona.

Purtroppo di questa impegnativa ricerca durata quasi un ventennio in cui ha allevato anche sul balcone dell'abitazione numerosi nuclei, non rimangono molti scritti ma solo generiche note sulla apicoltura in territori Italiani e esteri.

Per ottenere dati oggettivi sarebbe stato opportuno coinvolgere molti ricercatori tra i quali anche genetisti. Come scriverà in una nota. Questo interesse per la società delle api era rivolto anche ai vespoidei tanto che ricordo che un inverno tenne in vita un nucleo di *Vespula germanica* che si era insediata in un anfratto, accessibile dal terrazzo dell'Istituto, in attività riproduttiva a cui giornalmente forniva una alimentazione composta da pesce azzurro, molto gradito dalla specie.

Il suo obiettivo era di verificare come la diapausa invernale della specie fosse legata esclusivamente a una penuria alimentare e non ad un vincolo biologico.

Il particolare interesse per il comportamento di questi gruppi di insetti sociali lo accompagnerà anche dopo la data del primo novembre 2010 in cui è andato in pensione.

La curiosità scientifica che lo ha caratterizzato e che lo ha portato a interessarsi di tanti argomenti più disparati non sempre ha prodotto pubblicazioni e ciò è stato uno dei suoi crucci.

Più volte mi aveva confidato, facendomi vedere piccoli allevamenti, di una pianta spontanea (*Melilotus indica*) che produceva galle nelle quali osservava

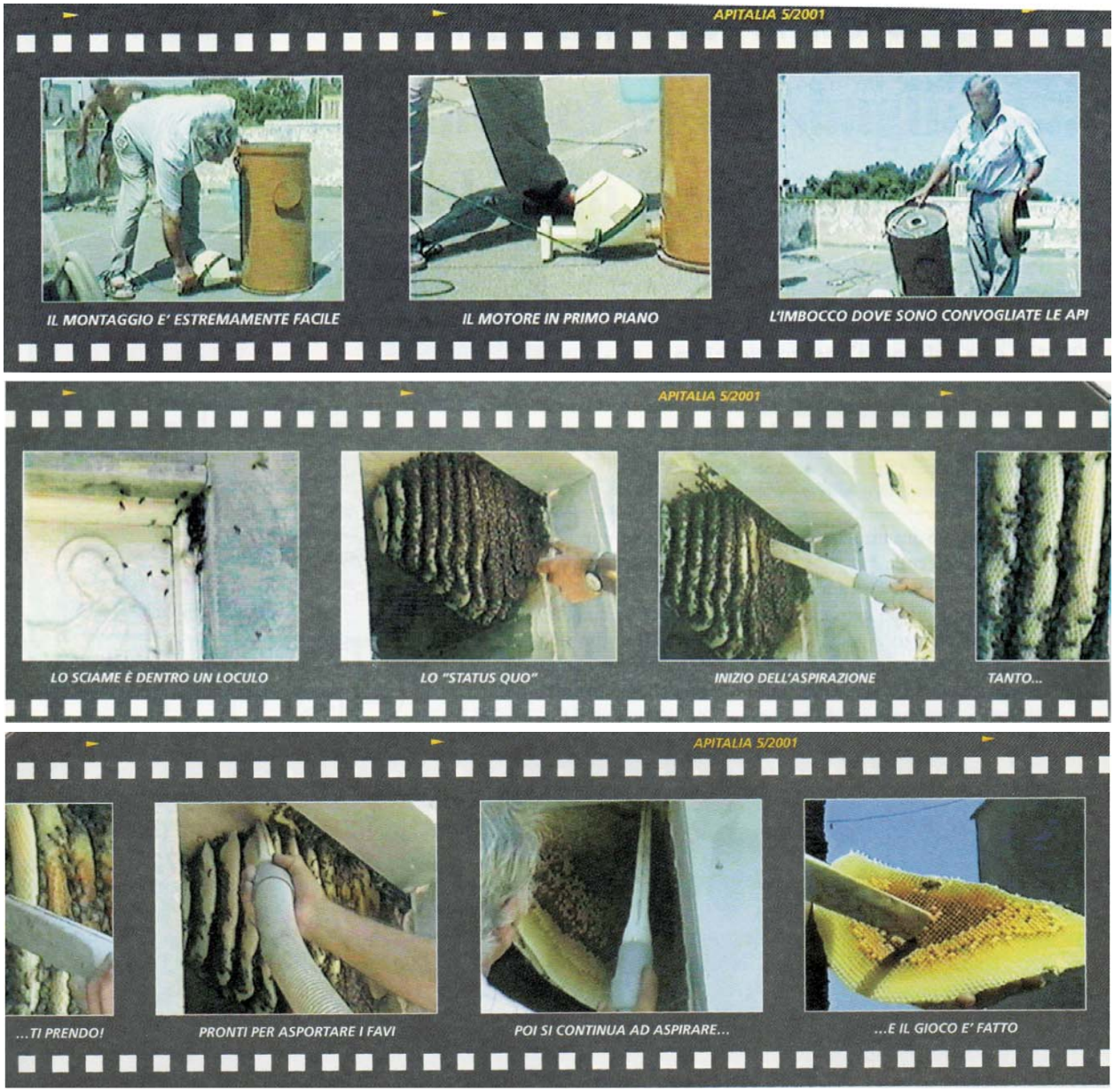

Fig. – 10 Sequenza dimostrativa della metodologia utilizzata per il recupero di sciami di api.

sfarfallamenti di specie e alle quali non sapeva dare un significato.

Solo il Collega Viggiani, al quale era molto legato per la competenza nel particolare mondo degli Imenotteri parassiti/parassitoidi, nel 2014 lo coinvolge nella realizzazione della sua ultima pubblicazione dedicandogli il nome della specie tra gli Hymenoptera Eulophidae (*Aprostocetus monacoi*) che in modo inusuale induce una galla.

BIBLIOGRAFIA

Monaco R., 1967 - Studi sui Coleotteri Curculionidi. I. *Anthonomus amygdali* Hust. - Entomologica, Bari., 3: 1-81.

Monaco R., 1967 - L'Antonomo del Mandorlo. - Agricoltura., 16 (4): 90-91.

Roberti D., Monaco R., - 1967 Osservazioni eseguite nel 1966 sui parassiti ectofagi delle larve della Mosca delle olive (*Dacus oleae* Gmel.) in relazione anche ai trattamenti con Esteri fosforici. - Entomologica, Bari., 3: 237-275.

Monaco R., 1968 - Studi sui Coleotteri Curculionidi. II. *Barytychius squamosus* Gyll. - Entomologica, Bari., 4: 79-126.

Monaco R., 1967 - L'azione svolta contro il *Dacus oleae* Gmel dall'*Opius concolor* Szepl. (Hym. Braconidae) distribuito in Puglia in oliveti del Gargano e dai parassiti indigeni nello stesso ambiente. - Entomologica, Bari., 5: 139-191.

Monaco R., Nuzzaci G., 1970 - Osservazioni sulla possibilità di svernamento in Puglia dell'*Opius concolor* Szepl. (Hym. Braconidae). - Entomologica, Bari., 6; 181-194.

Monaco R., 1970 - Studi sui Coleotteri Curculionidi. III. *Strophomorphus porcellus* Sch. - Entomologica, Bari., 6: 105-144.

Monaco R., 1970 - Studi sui Coleotteri Curculionidi. IV, *Apion* (*Eutrichapion*) *croceifemoratum* Kiesenwetter, *Apion* (*Eutrichapion*) *flavofemoratum* Herbst . - Entomologica, Bari., 6: 145-180.

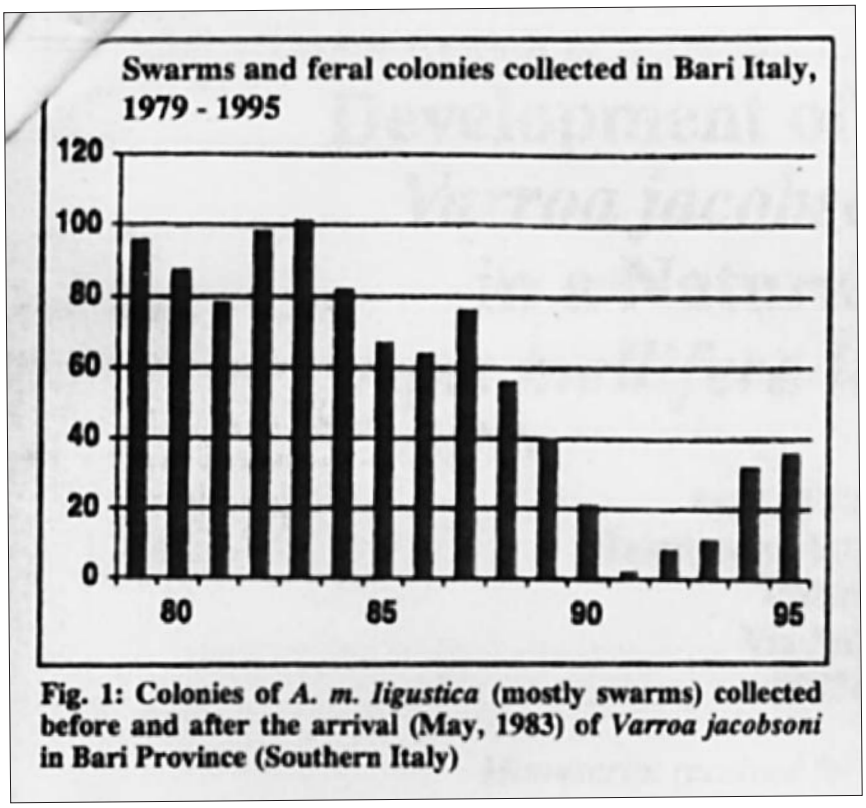

Fig. 11 – Tabella conclusiva di un suo report sulla stima nel lungo periodo della sciamatura delle famiglie.

Monaco R., 1970 - Studi sui Coleotteri Curculionidi. V. - *Rhytidoderes plicatus* Oliv. - Entomologica, Bari., 7: 137-178.

Monaco R., 1971 - Note morfo-biologiche su *Tetrastchus eriophyes* Taylor predatore di Eriofidi del Bosso. - Entomologica, Bari., 7: 75-86.

Monaco R., 1971 - Il *Cirrospilus suedagallarum* Viggiani Predatore dell'Acaro *Eriophyes caulobius* Nal. - Entomologica, Bari., 7: 16-27.

Monaco R., 1972 - Osservazioni eseguite in Puglia nel 1972 sui *Calcidoidei parassiti* del *Dacus oleae* Gmel. - Entomologica, Bari., 8: 83-95.

Monaco R., 1972 - Nota pratica sul Punteruolo maggiore dei cavoli. - L'Agricoltura Jonica 7(7): 3-9.

Monaco R., 1972 - I principali Insetti del Carciofo e criteri di lotta. - in Aspetti specifici relativi alle singole colture agrarie nella difesa delle piante dai parassiti animali e vegetali. - ed. Ist. Tecnc. e prop, Agaria, Roma: 1-4.

Monaco R., 1973 - Si approssima l'epoca della difesa del Mandorlo dalla Monosteira. - Terra Pugliese: 13-14.

Monaco R., 1973 - Efficacia di alcuni insetticidi contro la *Monosteira unicostata* Muls. et Rey. - Entomologica, Bari., 9: 37-46.

Monaco R., Ippolito R., 1973 - Attuali conoscenze sulla fauna del Carciofo in Italia e problemi di difesa. - in: Nuovi studi sul carciofo. Atti del 2° congresso internazionale sul Carciofo. Ed. Minerva medica., 877-888.

Monaco R., 1975 - È comparso anche in Puglia e Calabria un insetto americano del Platano. - Informatore fitopatologico., 25(1): 17-19.

Monaco R., 1975 - Preoccupante ricomparsa di *Calocoris trivialis* Costa sull'olivo in Puglia. - Informatore fitopatologico., 25(9): 5-7.

Monaco R., Solinas M., 1976 - L'olivo, relazioni tra danni da insetti e danni da grandine. - In: Il ponte del concordato Italiano Grandine., 53-65.

Monaco R., 1976 - Nota su *Metaphycus lounsburyi* (How.) (Hym. Encyrtidae) parassita della *Sessetia oleae* (Oliv.). - Entomologica, Bari., 12: 143-151.

Monaco R., 1976 - Descrizione del maschio e di una femmina teratologia di *Macroneura vesicularis* (Retzius) (Hym. Chalcidoidea). - Entomologica, Bari., 12: 135-141.

Monaco R., 1976 - Note sui parassiti del *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. Tephritidae) in sud Africa. - in: Atti XI Congr. Naz. Ital. di Entomologia, Portici - Sorento., 303-310.

Monaco R., Triggiani O. 1977 - Prova di efficacia del *Bacillus thuringiensis* del Dimilin nei riguardi del *Prays oleae*. - Informatore fitopatologico., 27(4): 9-11.

Monaco R., 1977 - Le api e la produttività del mandorlo. - Terra pugliese, 1: 70-71.

Monaco R., Parenzan P., Triggiani O., 1977 - L'*Euxoa temera* Hb. (Lepidoptera - Noctuidae) dannosa in Puglia. - Entomologica, Bari., 13: 165-181.

Nuzzaci G., Monaco R., 1977 - Danni al Cipresso (*Cupressus sempervirens* L.) da *Trisetacus juniperinus* (Nal.) (Acarina: Eriophyoidea). - Entomologica, Bari., 13: 9-14.

Monaco R., 1977 - Note bio-ecologiche sulla *Trabutina leonardii* Silv. (Rhynchota - Hom. Coccide) e suoi predatori. - Entomologica, Bari., 12: 155-163.

Monaco R., 1977 - Il "ragnetto rosso" sulla vite e sugli agrumi in Puglia è frutto di imprudenza. - L'informatore Agrario, Verona., 7: 25557-25566.

Fimiani P., Monaco R., Barbagallo S, Frilli F., 1978 - Due anni di osservazioni bioecologiche sulla *Rhagoletis cerasi* L. in differenti regioni italiane., - Boll. Lab. Entomologia agraria "Filippo Silvestri" di Portici - 35: 49-56.

Laccone G., Monaco R., 1978 - Prove di lotta contro la *Saissetia oleae* su olivo in Puglia. - In: Atti giornate fitopatologiche: 593-600.

Tremblay E., Barbagallo S., Miceli De Biase, Monaco R., Ortu S., 1978 - Sulla presenza in Italia del *Lysiphlebus testaceipes* (Cr.) nemico naturale di afidi dannosi agli agrumi, (Hymenoptera, Ichnemonoidea, Homoptera Aphidoidea).

Fig. 12 – Recupero di uno sciame insediato in una cassetta di servizio Enel.

- Boll. Lab. Entomologia agraria “Filippo Silvestri” di Portici - 35: 169-179.
Monaco R., 1978 - Profili di apicoltura tradizionale in Puglia. I: La Provincia di Taranto - Annali Fac. Agr. Univ. di Bari., 30: 629-642.
Monaco R., 1978 - Profili di apicoltura tradizionale in Puglia. II: Il Salento - Annali Fac. Agr. Univ. di Bari., 30: 643-656.
Monaco R., 1978 - Profili di apicoltura tradizionale in Puglia. III: La Provincia di Foggia - Annali Fac. Agr. Univ. di Bari., 30: 657-667.
Monaco R., 1979 - L’impollinazione e la produttività del Ciliegio in Puglia - Grafica Bigiemme Bari., 9 pp. 3 figs.
Monaco R., 1979 - Costruzione e utilizzazione di Arnie in tufo - Grafica Bigiemme Bari., 14 pp. 5 figs.
Monaco R., 1979 - Dinamica di popolazione del *Dacus oleae* (Gmel.) - Notiziario sulle malattie delle piante. 100 (III serie, 26). 101-119.
Monaco R., Sabatino A. 1980 - Danni al ciliegio da *Dionconotus cruentatus* Brullé. - L’informatore agrario., 31: 11626-11627.
Monaco R., Sabatino A. 1980 - Epidemiologia e piante ospiti del *Ceroplastes* sinensis in Puglia. - Informatore Fitopatologico., 30 (10): 3-6.
Tremblay E., Barbagallo S., Miceli De Biase, Monaco R., Ortu S., 1980 - Composizione dell’entomofauna parassitica vivente a carico degli Afidi degli Agrumi in Italia (Hymenoptera, Ichnemonoidea, Homoptera Aphidoidea). - Boll. Lab. Entomologia agraria “Filippo Silvestri” di Portici - 37: 209-216.
Monaco R., 1980 - La cocciniglia bianca del Pesco su Actinidia - Frutticoltura., 42 (6): 31-33.
Monaco R., 1981 - Prove sull’attrattività delle esche proteiche - Informatore Fitopatologico., 31 (1-2): 67-71.
Fimiani P., Frilli F., Inserra S., Monaco R., Sabatino A. 1981 - Ricerche coordinate su aspetti bioecologici della *Rhagoletis cerasi* L. in Italia. - Boll. Lab. Entomologia agraria “Filippo Silvestri” di Portici - 38: 159-211.
Monaco R., 1983 - Attualità e prospettive dell’Apicoltura nel mezzogiorno. - Apitalia., 10 (17-18): 1-5.

Fig. 13 – Monaco ed un suo allievo durante le fasi di trasferimento di una famiglia già ben avviata in una cassetta razionale.

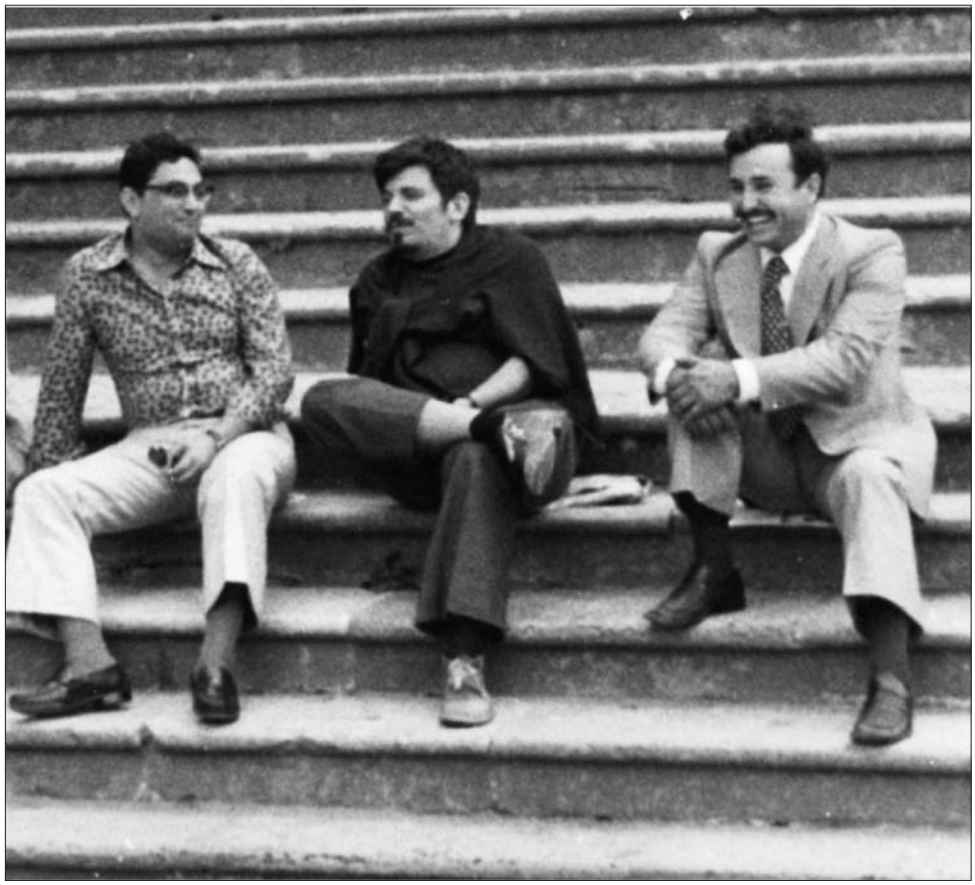

Fig. 14 – Insieme al Prof. Gennaro Viggiani e al compianto Prof. Giorgio Celli in occasione di un Congresso di entomologia.

Monaco R., 1984 - L'*Opius magnus* Ficher (Braconidae) parassita di *Ragoletis cerasi* L. su *Prunus mahaleb.* - Entomologica, Bari., 19: 75-80.

Monaco R., 1985 - Appunti e considerazioni sull'Apicoltura in Somalia. - Apicoltore moderno., 76: 35-42.

Ricciardelli D'Arbore G. C., Monaco R., 1986 - Lo spettro pollinico di alcuni mieli della Somalia. - Apicoltura., 2: 1-24.

Roberti D., Monaco R., 1986 - Il Il *Prociphilus oleae* (Leach ex Risso) in Puglia (Homopt. Aphidoidea). - Boll. Ist. Entomologia "Guido Grandi" Univ. Bologna., 41: 23-28.

Monaco R., 1986 - *Rhinchites* (*Coenorrhinus*) *cribripennis* Desbr. - In: Traité public sous la Direction de Y. Aranbourg par le Conseil Oleicole International. 14-19

Monaco R., D'Abbicco M., 1987 - Osservazioni biologiche sulla *Saissetia coffeae* Walk. (Rhynchota - Hom. Coccide) su fico (*Ficus carica* L.). - Entomologica, Bari., 22: 75-85.

Monaco R., 1987 - Note sul passato e futuro della Bachicoltura. - In: Seminario di divulgazione dei pacchetti formativi "Microindustria Agricola"., Lauria 21/12/1987, Finiguerra Arti grafiche Lavello., 1-4.

Monaco R., 1987 - Considerazioni sui temi di Apicoltura con riferimento alla Basilicata. - In: Seminario di divulgazione dei pacchetti formativi "Microindustria Agricola"., Lauria 21/12/1987, Finiguerra, Arti grafiche Lavello., 1-4.

Monaco R., 1988 - Nuovi danni da *Vesperus luridus* ed osservazioni per il suo controllo su barbatelle di vite. - Informatore Fitopatologico., 5: 16-20.

Monaco R., 1989 - Insolito sviluppo di una seconda generazione antofaga in *Prays oleae* (Bern) (Lepid.Yponomeutidae). - Entomologica, Bari., 24: 107-112.

Godini A., de Palma L., Palasciano M., Monaco R., 1991 - Quantificazione dell'efficacia delle api sull'allegagione del mandorlo. - Frutticoltura., 4: 53-56.

Monaco R., Giannini A. M., 1993 - Esperienze per il controllo della *Rhagoletis cerasi* L: (Dipt. Tephritidae) con i soli mezzi Agronomici in Puglia. - Entomologica, Bari., 27: 169-180.

Monaco R., 1997 - Development of Resistance Against *Varroa jacobsoni* Oudemans in a natural population of *Apis mellifera ligustica* Spinola. - American Bee journal: 140-142.

Monaco R., 1997 - La fauna del ciliegio ed il controllo degli Artropodi dannosi. - Atti del Convegno nazionale del Ciliegio, Valenzano (Bari); 1-21.

Monaco R., 1997 - Una strategia innovativa per il controllo degli insetti dannosi al ciliegio, applicabile in Puglia. - Atti del Convegno nazionale del Ciliegio, Valenzano (Bari), 482-491.

Monaco R., 2001 - Api che ronzano nel posto sbagliato… recuperatele con l'aspiratore. Apitalia, 5: 39-45.

Monaco R., 2001 - Api e vespe in ambiente urbano. - In: Parassitologia Urbana, Città animali e salute pubblica, Piccini V., Tarsitano E., 7(2): 250-266.

Belligoli P., Monaco R., Persano Oddo L., Piana M. L., 2006/07 - Caratteristiche melissopalinologiche dei mieli della Puglia. - In: I mieli regionali Italiani Cap. 18: 78-81.

Viggiani G., Monaco R., 2014 - Description of a New gall-inducing species of *Aprostocetus* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Melilotus indicus* from Southern Italy. - Journal of Entomological and Acaarological research. 46 (1782): 27-29.

86 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 87-91

DUE DISTINTI CENTRI DI ENDEMISMO PER LE FARFALLE NEL "RIFUGIO ITALIANO" (LEPIDOPTERA, PAPILIONOIDEA)

LEONARDO DAPPORTO[a]

[a]*ZEN Lab, Dipartimento di Biologia dell'Università di Firenze, via Madonna del Piano 6 50019 Sesto Fiorentino, Italy.*
Email leonardo.dapporto@unifi.it
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 22 febbraio 2020

Two distinct endemicity centres for butterflies in the "Italian refugium" (Lepidoptera, Papilionoidea)

Endemics co-occur because they evolved *in situ* and persisted regionally or because they evolved *ex situ* and later dispersed to safe haven habitats, generating evolutionary or ecological endemicity centres. We investigate whether different endemicity centres can intertwine in the region ranging from Alps to Sicily, by studying an integrated dataset for butterflies. We identified entities based on molecular delimitations and/or the checklist of European butterflies and objectively attributed occurrences to their most probable entity. We obtained a zoogeographic regionalisation based on the 69 endemics of the area. Using phylogenetic ANOVA we verified that endemics from different centres differ from each other and from non-endemics for key ecological traits and divergence time. Endemicity showed high incidence in the Alps and Sicily. Regionalisation separated Alps from the Italian Peninsula and Sicily. The endemics of different centres differed in phylogenetic distances, phenology and distribution traits. Peninsula-Sicily endemics also have lower variance in divergence than those from the Alps. The observed variation identifies the Alps as an ecological endemicity center and the Peninsula-Sicily an evolutionary center. These results challenge the common view of the Alpine-Apennine area as a single "Italian refugium".

KEY WORDS: butterflies, endemicity centres, GMYC, Italian Peninsula, regionalization, species traits.

INTRODUZIONE

L'endemismo è un concetto centrale in biogeografia e in conservazione e caratterizza un determinato taxon per il fatto di essere distribuito esclusivamente in una determinata regione (ANDRESON, 1994). Ne consegue che non è possibile identificare gli endemismi senza definirne la regione in cui vivono. Se più endemismi insistono su una determinata regione è possibile individuare in essa un centro di endemismo (HARRISON & NOSS, 2017; SANDEL *et al.,* 2020; ZULOAGA, CURRIE & KERR, 2019). I centri di endemismo sono tipicamente delimitati da barriere geografiche e/o ecologiche e generalmente possiedono condizioni climatiche particolari e relativamente stabili nel tempo. In queste condizioni infatti molte specie possono persistere nel tempo e divergere geneticamente (OHLEMÜLLER *et al.,* 2008; ZULOAGA *et al.,* 2019; SANDEL *et al.*, 2020). Il gran numero di caratteristiche che accomuna i centri di endemismo non significa che anche i meccanismi ecologici ed evolutivi che li generano siano necessariamente simili tra centri diversi. Vi sono infatti almeno due meccanismi secondo i quali gli endemismi si accumulano in determinate aree.

In un primo modello, le specie endemiche di una regione sono essere evolute nella regione stessa, grazie a una relativa stabilità delle condizioni ambientali attraverso periodi geologi e alla presenza di barriere alla dispersione che hanno prevenuto il flusso genico (CROTHER & MURRAY, 2011). Queste aree possono essere classificate come centri di endemismo evolutivi e corrispondono ai rifugi *in situ* introdotti da KEPPEL *et al.* (2012) e ai rifugi evolutivi di DAVIES *et al.* (2013). Un paradigma tipico per questi centri di endemismo è la diversificazione avvenuta nei rifugi caldi durante i massimi glaciali del Pleistocene (HEWITT, 1999).

Un altro meccanismo completamente diverso può avvenire in seguito a grandi cambiamenti ambientali durante i quali molte specie ampiamente distribuite possono seguire lo spostamento del loro habitat (habitat tracking) fino ad aree ridotte in cui esso si mantiene, o si forma *de novo* (CROTHER & MURRAY, 2011). Questi taxa, evoluti in momenti e luoghi diversi finiscono per convivere in un aree ridotte a cui ci si riferisce qui come centri di endemismo ecologico. Essi corrispondono ai rifugi *ex situ* (KEPPEL *et al.*, 2012) e ai i rifugi ecologi (DAVIS *et al*., 2013). Un tipico paradigma per questi centri di endemismo è rappresentato dalla compresenza di molte specie boreo-alpine in aree coperte da calotte di ghiaccio fino al termine dell'ultimo massimo glaciale (MUTANEN *et al.*, 2012).

Questi due meccanismi non sono mutualmente esclusivi, soprattutto se si considerano aree suffi-

– Pubblicato marzo 2021

cientemente vaste ed eterogenee, con la possibilità che possano esistere centri di endemismo compositi, originatisi con processi diversi e spazialmente contigui (Crother & Murray, 2011). I metodi statistici per identificare i centri di endemismo sono ormai ben stabiliti; al contrario i meccanismi attraverso i quali si sono formati sono spesso rimasti irrisolti. Questo perché la comprensione di tali meccanismi richiede l'applicazione di approcci eclettici che combinino ricostruzioni palaeoecelogiche, dati di presenza ad alta risoluzione, analisi filogeografiche e l'uso di tratti funzionali, il tutto applicato a taxa relativamente ricchi di specie (Keppel *et al.*, 2012; Davis *et al.*, 2013; Brooks *et al.*, 2015; Zuloaga *et al.*, 2019).

Se tali dati sono disponibili, è possibile ipotizzare che le comunità di endemismi formatesi in seguito ai due processi descritti sopra mostrino caratteristiche diverse. Si può teorizzare infatti che gli endemismi dei centri evolutivi siano evoluti seguendo gli stessi processi e durante gli stessi periodi geologici e dovrebbero quindi mostrare una divergenza genetica dall'antenato più vicino simile tra loro. Inoltre dovrebbero essere casualmente rappresentati su tutto l'albero filogenetico del gruppo a cui appartengono in quanto non vi è ragione che ricadano in particolari gruppi filogenetici. Al contrario, poiché i centri ecologici sono per definizione aree di simpatria secondaria, è possibile immaginare che gli endemismi che vi si trovano siano originati seguendo storie diverse e dovrebbero quindi comprendere una più ampia variabilità in tempo di divergenza rispetto a quelli presenti nei centri evolutivi (Moritz *et al.,* 2009). Inoltre, gli endemismi dei centri ecologici dovrebbero appartenere a ristretti gruppi sistematici, come particolari famiglie o generi, strettamente adattati alle specifiche caratteristiche ambientali che si sono rarefatte a seguito dei cambiamenti ambientali. Per queste ragioni sono attesi mostrare una forte clusterizzazione filogenetica e una bassa variabilità nei loro tratti ecologici.

Riconoscere gli elementi endemici all'interno di una fauna può risultare complicato. Difatti, gli studi macroecologici utilizzano in genere entità riconosciute dai tassonomi al livello di specie. Questo tipo di valutazione esclude automaticamente il riconoscimento delle linee genetiche che raccolgono una componente fondamentale della diversità e su cui si incardina la filogeografia. Di conseguenza le linee genetiche, anche quando rappresentino unità evolutivamente significative (ESU) sono in genere escluse dagli approcci macroecologici e dalle liste di protezione (e.g IUCN) (Brooks *et al.*, 2015). Questa esclusione comporta la perdita di segnali lasciati dai processi Quaternari e del potenziale biogeografico e conservazionistico che essi comprendono (Brooks *et al.*, 2015; Vodă *et al.*, 2015).

In una serie di pubblicazioni recenti il nostro gruppo di ricerca ha raccolto più di 20.000 sequenze di farfalle europee per il segmento del DNA mitocondriale utilizzato per la tecnica del DNA-barcoding (658 bp del gene che codifica la subunità 1 della citocromo ossidasi, COI). Inoltre, grazie all'incessante lavoro svolto dal gruppo del Prof. Balletto per la compilazione della CkMap e alle segnalazioni di iNaturalist verificate individualmente dal nostro gruppo di ricerca (circa 50.000 immagini) è stato possibile ottenere più di 300.000 record di farfalle per la regione che comprende tutto il comprensorio alpino, la penisola Italiana e la Sicilia. Gli esemplari sequenziati e i dati di presenza sono stati classificati al livello di specie secondo la recente check list di Wiemers *et al.* (2018). A questi dati si aggiungono la disponibilità di tratti ecologici (Middleton-Velling, 2020) e di un albero filogenetico calibrato per tutte le farfalle europee (Wiemers et al., 2020).

Usando questo dataset in un recente lavoro (Menchetti *et al.,* 2021) abbiamo ipotizzato che fosse possibile identificare due tipologie di centri di endemismo nella regione alpino-appennica. Questa regione si presta perfettamente a verificare questa ipotesi in quanto raccoglie, in un'area relativamente limitata, uno dei più noti rifugi glaciali della regione Palaertica e aree montuose coperte da ghiacci durante i periodi glaciali (buona parte delle Alpi e ridotte aree dell'Appennino). Tipicamente questa regione viene identificata come una singola unità biogeografica, il rifugio italiano (Taberlet *et al.*, 1998; Hewitt, 1999; Petit *et al.*, 2003; Drovetski *et al.*, 2018), ma in base alle premesse precedenti è possibile che qui possano esistere un centro di endemismo evolutivo e uno ecologico. Per verificare questa ipotesi abbiamo risposto a tre domande di ricerca:

È possibile identificare due diverse aree zoogeografiche in base alla distribuzione delle entità endemiche di questa regione?

Gli endemismi del potenziale centro ecologico sono caratterizzati da tratti ecologici meno variabili e da una minore diversità filogenetica?

Gli endemismi del potenziale centro evolutivo sono caratterizzati da una minore varianza nel tempo di divergenza dall'antenato più prossimo rispetto agli endemismi del centro ecologico? Inoltre, gli endemismi del centro evolutivo sono rappresentati in buona parte da linee genetiche evolute durante il Pleistocene?

Identificazione dei taxa e degli endemismi:

Le entità oggetto di studio sono state identificate combinando due criteri: i) il criterio tassonomico, basato sulla recente checklist delle farfalle Europee (Wiemers *et al.*, 2019), utilizzando il quale i dati di

presenza e le sequenze COI sono stati attribuiti a una specie e ii) un criterio filogenetico basato sul Generalized Mixed Yule Coalescent (GMYC), disegnato per identificare in modo oggettivo unità evolutivamente significative (ESU) su un albero filogenetico. Al confronto tra i due metodi ogni specie tassonomica poteva ricadere in quattro categorie. Single Entities (SE), quando tutte le sequenze attribuite a una certa specie tassonomiche ricadono in una sola ESU. Multiple Entities (ME), quando le sequenze di una specie tassonomica vengono suddivise tra due ESU. Lumped Entities (LE) quando una stessa ESU raccoglie sequenze di due diverse specie tassonomiche. Lumped+Multiple Entities (LEME) quando due specie sono mescolate tra più ESU.

Le entità usate sono state identificate come gruppi di sequenze attribuite a una specie tassonomica o a una ESU. In pratica le specie tassonomiche identificate come SE compongono una sola entità, le specie identificate come LE, ME e LEME corrispondono sempre a più entità.

Identificazione dei centri di endemismo (domanda 1)

Andando a esaminare la distribuzione di ogni entità in base alla provenienza delle sequenze di COI sono state individuate 69 entità endemiche su un totale di 369 rinvenute in tutta la regione. I 69 endemismi non sono distribuiti in modo omogeneo nell'area di studio. In particolare la frazione di endemismi mostra due picchi alle due latitudini estreme (Alpi e Sicilia) dove raggiunge valori intorno al 20% (Fig. 1a).

Un'analisi di regionalizzazione, basata sulla dissimilarità di Simpson calcolata sulle distribuzioni degli endemismi, rivela di come si possano individuare due regioni principali, una prima che comprende l'area alpina, e una seconda che comprende la penisola italiana e la Sicilia (Fig. 1b). Le due aree mostrano comunità di endemismi altamente contrastanti in quanto, dei 69 endemismi, ben 62 sono presenti in una sola delle due regioni (35 nella regione alpina e 27 nella regione peninsulare-siciliana).

Differenze nei tratti ecologici e diversità filogenetica (domanda 2)

Confrontando i tratti dei 35 endemismi alpini e dei 29 endemismi peninsulari-siciliani tra loro e con gli elementi non endemici, si dimostra che gli endemismi alpini sono caratterizzati da un più breve periodo di volo, da una distribuzione più ristretta e localizzata ad altitudini maggiori. Al contrario, gli endemismi peninsulari-siciliani non mostrano alcuna differenza rispetto agli elementi non endemici nei tratti ecologici. Gli endemismi alpini inoltre sono caratterizzati da una minore varianza in dimensione alare, numero di piante ospiti utilizzate e lunghezza del periodo di volo.

Infine, gli endemismi alpini mostrano una minore diversità filogenetica, misurata come una minore distanza media dal parente più prossimo, rispetto alla distanza media della fauna europea. Infatti, i 42 ende-

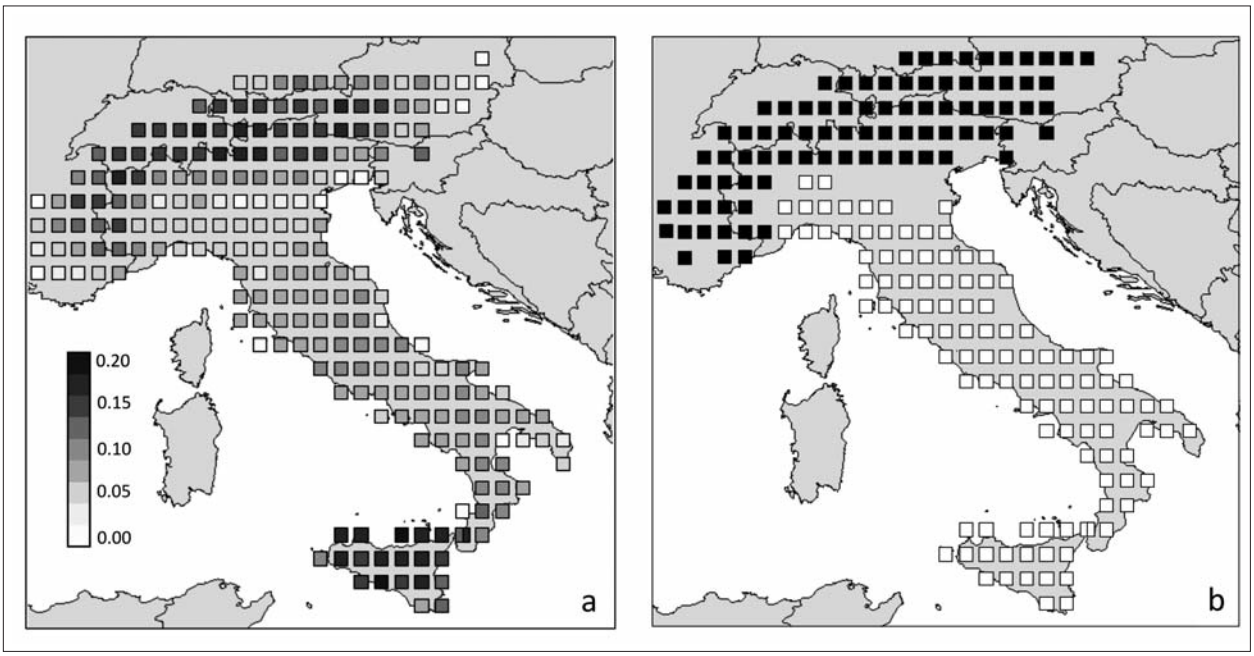

Fig. 1 – La frequenza degli elementi endemici nell'area di studio (a) e le due regioni identificate nelle aree in cui almeno due entità endemiche erano presenti (b). modificato da Menchetti *et al.* (2021)

mismi che si trovano sulle Alpi (35 esclusivi più 7 condivisi) appartengono a 4 famiglie e 12 generi. Tra questi, ben 16 entità appartengono al solo genere *Erebia*. Questo non accade ai 34 endemismi peninsulari-siciliani che appartengono a 5 famiglie e 22 generi, di cui il più rappresentato (*Melitaea*) raccoglie solamente 6 entità.

Divergenza filogenetica (domanda 3)

Una ANOVA filogenetica ha dimostrato che gli endemismi dell'area peninsulare-siciliana hanno una varianza nella distanza genetica dal parente più prossimo minore di quella degli endemismi alpini e delle entità non endemiche, con un forte picco di frequenza intorno ai 2 milioni di anni. Inoltre le specie SE, LE e LME hanno mostrato una più alta frequenza nell'area alpina (13, 8 and 4, rispettivamente) che non nell'area peninsulare-siciliana (3, 5, 0, rispettivamente). Al contrario le specie ME sono più frequenti nell'area peninsulare-siciliana (26 vs 17).

Conclusioni

I nostri risultati (Menchetti *et al.,* 2021) mostrano come sia impreciso, almeno per i lepidotteri diurni, riferirsi alla regione Alpino-Appenninica come a un generico "rifugio italiano" (Taberlet *et al.*, 1998; Hewitt, 1999; Petit *et al*., 2003). Difatti, abbiamo oggettivamente identificato due centri di endemismo: l'area alpina e l'area peninsulare-siciliana. Dei 69 elementi endemici riscontrati, soltanto 7 si ritrovano in entrambe le aree nonostante la continuità territoriale, la presenza di aree di altitudine elevate lungo la penisola e in Sicilia e la presenza di aree a ridotta altitudine sulle Prealpi.

Gli endemismi delle due aree non sono solo caratterizzati da una forte segregazione spaziale, ma anche da diversi tratti ecologici e da un diverso grado di divergenza genetica che rivelano di come i due centri di endemismo debbano essere considerati funzionalmente diversi.

La presenza di un gran numero di specie frigofile sulle Alpi e la loro scarsa variabilità filogenetica supportano l'idea che queste specie fossero più ampiamente distribuite negli ambienti steppici e di tundra durante l'ultimo massimo glaciale e che nel presente interglaciale invece si siano rifugiate nelle aree alpine formando un centro di endemismo ecologico soprattutto sulle praterie al di sopra della linee degli alberi (Mutanen *et al.,* 2012).

Al contrario, una parte delle specie esistenti nella penisola italiana e in Sicilia sono state confinate in questa regione durante i lunghi periodi freddi del Pleistocene dove hanno accumulato divergenza genetica rispetto ad altre popolazioni europee fino a divenire unità evolutivamente significative. Questo fenomeno è avvenuto in modo casuale su diversi bracci dell'albero filogenetico delle farfalle Europee sia in specie tipicamente mediterranee (diverse *Hipparchia* insulari) che in specie montane del genere *Erebia*.

Il riconoscimento di due diversi centri di endemismo in base a elementi identificati tramite metodi tassonomici e genetici ha due implicazioni fondamentali per la conservazione delle farfalle di questa regione. In primo luogo, la maggior parte degli endemismi appenninici rappresenta unità evolutivamente significative non riconosciute a livello di specie e quindi escluse dalle liste di protezione. Revisioni recenti indicano che le aree chiave per la conservazione dovrebbero essere identificate anche in base alla diversità genetica che raccolgono (Brooks *et al.*, 2015). Se consideriamo che la maggior parte delle ESU endemiche dell'area di studio appartengono a specie ME che mostrano soltanto due o tre ESU nell'intera regione Paleartica, possiamo immaginare che le entità che definiscono le Alpi e l'area peninsulare-siciliana raccolgano una frazione considerevole (33-50%) delle differenziazione globale di queste specie. Nonostante la forma criptica di questi elementi, la loro distribuzione è adesso mappata individualmente ed è possibile prevedere delle azioni di conservazione anche su queste unità riconosciute a livello intraspecifico [si veda il materiale supplementare incluso in Menchetti *et al.* (2021)].

Se la prima considerazione si concentra sulle entità biologiche, la seconda si incentra sulle regioni geografiche. Difatti, nella stragrande maggioranza dei casi, la valutazione del rischio di estinzione delle specie viene definito a livello globale, continentale o al massimo nazionale (si vedano le liste rosse IUCN, le leggi di protezioni Europee e il loro recepimento a livello nazionale) (Bonelli *et al*., 2018). In quest'ottica, la presenza di specie in popolazioni isolate appenniniche (*Erebia pandrose*, *Erebia pluto*, *Polyommatus ripartii galloi*, *Brenthis ino*, per citare soltanto i casi più evidenti) non ne comporta l'inserimento in liste di protezione in quanto comuni nell'arco alpino e viceversa (come le ridotte popolazioni settentrionali di *Lycaena thersamon* e *Zerynthia cassandra*). La presenza di due centri di endemismo così differenziati richiede che anche le liste di protezione siano funzionalmente suddivise in una lista alpina, una peninsulare e presumibilmente in una lista insulare. Difatti, se i parchi nazionali, soprattutto quelli appenninici, possono rappresentare un punto di riferimento per la conservazione degli endemismi criptici, tra le aree insulari i parchi nazionali non sono distribuiti in modo sufficientemente capillare da proteggere tutte le entità endemiche, con un riferimento particolare alla Sicilia e alle isole

circum-siciliane, dove i Parchi Regionali presenti, per esempio, sono stati esclusi dai cospicui finanziamenti volti a monitorare e proteggere le popolazioni di impollinatori.

RINGRAZIAMENTI

La presente ricerca è stata effettuata in collaborazione con i seguenti Parchi Nazionali. "Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, Parco Nazionale dei Monti Sibillini, Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, Parco Nazionale della Maiella, Parco Nazionale dell'Alta Murgia e dai Parchi Regionali, Parco Regionale della Maremma e Parco Regionale delle Madonie. I fondi per questo studio sono stati ottenuti dai progetti: "Ricerca e conservazione sui lepidotteri diurni di sei Parchi Nazionali dell'Appennino centro-settentrionale", "Ricerca e conservazione sugli Impollinatori dell'Arcipelago Toscano e divulgazione sui Lepidotteri del parco", "Servizio di attuazione delle azioni per la protezione degli impollinatori e diffusione dell'entomofauna del Parco Nazionale dell'Alta Murgia", "Il Barcoding delle farfalle del Parco della Maremma".

BIBLIOGRAFIA

Bonelli S., Casacci L.P., Barbero F., et al., 2018 - *The first red list of Italian butterflies*. - Insect Conserv. Divers ., 11. https://doi.org/10.1111/icad.12293

Brooks T.M., Cuttelod A., Faith D.P., et al., 2015 - *Why and how might genetic and phylogenetic diversity be reflected in the identification of key biodiversity areas?* - Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci., 370: 20140019.

Crother B.I., Murray C.M., 2011 - *Ontology of areas of endemism.* - J. Biogeogr., 38:1009-1015.

Davis J., Pavlova A., Thompson R., Sunnucks P., 2013 - *Evolutionary refugia and ecological refuges: key concepts for conserving Australian arid zone freshwater biodiversity under climate change*. - Glob. Chang. Biol., 19:1970-1984.

Drovetski S.V., Fadeev I.V., Raković M., et al., 2018 - *A test of the European Pleistocene refugial paradigm, using a Western Palaearctic endemic bird species.* - Proc. R. Soc. B, 285: 20181606.

Hewitt G.M., 1999 - *Post-glacial re-colonization of European biota.* - Biol. J. Linn. Soc., 68: 87-112.

Keppel G., Van Niel K.P., Wardell-Johnson G.W., et al., 2012 - *Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change.* - Glob. Ecol. Biogeogr., 21: 393-404.

Menchetti M., Talavera G., Cini A., Salvati V., Dincă V., Platania L., Bonelli S., Balletto E., Vila R., Dapporto L., 2021 - *Two ways to be endemic. Alps and Apennines are different functional refugia during climatic cycles.* - Mol. Ecol., Accepted Author Manuscript. https://doi.org/10.1111/mec.15795

Moritz C., Hoskin C.J., MacKenzie J.B., et al., 2009 - *Identification and dynamics of a cryptic suture zone in tropical rainforest*. - Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 276:1235-244.

Mutanen M., Hausmann A., Hebert P.D.N., et al., 2012 - *Allopatry as a Gordian knot for taxonomists: patterns of DNA barcode divergence in Arctic-Alpine Lepidoptera*. - PLoS One, 7: e47214.

Ohlemüller R., Anderson B.J., Araújo M.B., et al., 2008 - *The coincidence of climatic and species rarity: high risk to small-range species from climate change*. - Biol. Lett., 4: 568-572.

Petit R.J., Aguinagalde I., de Beaulieu J.-L., et al., 2003 - *Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity*. - Science, 80, 300:1563-1565.

Sandel B., Weigelt P., Kreft H., et al., 2020 - *Current climate, isolation and history drive global patterns of tree phylogenetic endemism*. - Glob. Ecol. Biogeogr., 29: 4-15.

Taberlet P., Fumagalli L., Wust-Saucy A., Cosson J., 1998 - *Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe*. - Mol. Ecol., 7: 453-464.

Vodă R, Dapporto L., Dincă V., Vila R., 2015 - *Cryptic matters: overlooked species generate most butterfly beta diversity.* - Ecography (Cop), 38: 405-409.

Wiemers M., Balletto E., Dincă V., et al., 2018 - *An updated checklist of the European Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea)*. - Zookeys, 811: 9-45. https://doi.org/10.3897/zookeys.811.28712

Zuloaga J., Currie D.J., Kerr J.T., 2019 - *The origins and maintenance of global species endemism.* - Glob. Ecol. Biogeog., 28: 170-183.

92 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 93-97

BIOINSPIRED PEST CONTROL TECHNOLOGIES: THE USE OF BIOCONTROL AGENTS BEYOND THE ORGANISM LEVEL

ANGHARAD M.R. GATEHOUSE[a] - FRANCESCO PENNACCHIO[b]

[a]School of Natural and Environmental Sciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne NE1 7RU, UK
a.m.r.gatehouse@newcastle.ac.uk
[b]Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Via Università 100-80055 Portici, Italy
f.pennacchio@unina.it
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, nell'ambito delle Giornate Culturali "*Insect biodiversity and ecosystem services*", 12 giugno 2020.

Bioinspired pest control technologies: the use of biocontrol agents beyond the organism level

Insect natural antagonists contribute to natural biocontrol and can be the source of novel molecules with bioinsecticide activity, 'fine-tuned' by long co-evolutionary processes. Therefore, biocontrol agents can be used beyond the organism level, allowing the development of control strategies based on their virulence factors or on molecular technologies that reproduce their negative impact on insect pests. Here we report recent work carried out in our laboratories, showing how a neurotoxin from a predatory arthropod can be used as an orally toxic bioinsecticide. Moreover, we provide evidence on the induction of pest hypersensitivity to an insect pathogen induced by mimicking an immunosuppression strategy of a parasitic wasp. These proofs of concept pave the way towards a new way of using the molecular biodiversity of insect natural antagonists for pest control.

KEY WORDS: bioinsecticides, RNAi, immunosuppression, voltage-gated ion channels, pest control, pathogen, parasitoid.

BACKGROUND

Biological control, defined as the reduction of pest populations by natural enemies, is a valuable component of any integrated pest management (IPM) strategy, based on the principle that in nature most organisms are consumed by other organisms. However, under natural conditions, host-natural enemy interactions result in fluctuations of their populations, not always allowing stable economic control that is required in agricultural production systems. The use of biological control to combat insect pest infestations in agroecosystems is an ancient practice, with the first historical record attributed to the scholar and botanist Ji Han in "Nanfang Caomu Zhuang", which dates back to around AD 304. Here he described the use of predatory ants to control pests in citrus orchards. In the modern era, the control of the cottony-cushion scale on citrus crops in California in the 1880s by an imported ladybird (the vedalia beetle *Rodolia cardinalis*) and a dipteran parasitoid (*Cryptochaetum iceryae*), is reported as one of the earliest successes of biological control (DE BACH, 1964). Currently, a broad range of organisms are successfully deployed as biological control agents (BCAs), from microbials (bacteria, fungi) to macrobials (predators, parasitoids, parasites, nematodes).

As with any technology, there are both advantages and limitations to the use of biological control. A major benefit is that this method of crop protection minimizes the environmental impact and tends to have a high level of specificity with little direct effect on non-target organisms. An additional advantage relates to that of public safety concerns, which are very low, especially when compared to the use of synthetic chemistries; furthermore, regulation is more straightforward. However, biological control is slower to suppress pest populations compared to chemical pesticides, reaching control levels that can be partial rather than complete; further, its efficacy is dependent upon both the ecological context and the prevailing environmental conditions. The resulting unpredictability may require additional inputs to maintain population balance, especially in simplified agroecosystems. It is, therefore, highly desirable to complement BCAs with sustainable control tools of natural origin, which themselves have low impact on the environment and non-target organisms.

To achieve this objective, attention has turned to the exploitation of molecules and genes present within the BCA, finely 'tuned' by long co-evolutionary processes, which are used to kill the host or to disrupt its physiology and reproduction. A classic example of this approach is illustrated by the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), a known

– Pubblicato marzo 2021

pathogen of insects. This was first discovered by workers in the Japanese silk industry and isolated in 1901 by Ishiwatari when investigating the cause of sotto disease in silkworm. *Bt* was 'rediscovered' a few years later by Berliner who also reported a crystal present in the spores. Following the use of *Bt* as a biopesticide in Europe during the 1920s, it was commercialised in France in 1938 as Sporine and later in the USA, in 1958. Subsequently genes encoding these Cry proteins were identified and expressed in plants, with the first insect-resistant transgenic/biotech crops expressing *Bt* being commercialised in the mid 1990s (Girón-Calva *et al*., 2020). Biotech crops expressing *Bt* proteins for enhanced resistance to pest insects now represent an important market-share, with a footprint of over 80 million hectares, either when stacked with herbicide tolerance or as a single trait (ISAAA Briefs, 2019).

Current research being carried out in the authors' lab seek to develop novel, highly specific biopesticides based on knowledge obtained from the understanding of the molecular mechanisms underlying associations between plants, insects and pathogens, and by mimicking the natural antagonistic strategies of the BCA and/or weakening the defence barriers of pest insects. Two of the strategies being investigated exploit insect antagonists and target either the central nervous system or immune system of the pest insect and thus represent good candidates for biopesticide development, as illustrated in the two Case Studies below.

Case Study 1: Targeting the insect CNS

Current insecticides most commonly target components of the insect nervous system, often targeting the ion channels responsible for perpetuating the action potential along neurons and the enzymes of the synaptic cleft responsible for the degradation of neurotransmitters. Of these, the voltage-gated sodium channel (VGSC) is the primary target of pyrethroids. VGSCs are part of a superfamily of ion channels that includes the voltage-gated potassium channel, the voltage-gated calcium channel, TRP-related channels and cyclic nucleotide gated channels. The correct functioning of these channels is essential for normal transmission of nerve impulses and any inhibition of the action potential as a result of pesticide binding will lead to paralysis and eventual death of the insect. Potential alternatives to neurotoxic pesticides include the development and use of biopesticides, that is, biological agents or bioactive compounds; these often have high specificity for target pest species.

Biopesticide candidates such as the venom of predatory arthropods that target the voltage-gated calcium ion channels (CaV) represent good candidate molecules for biopesticide development. Not only are they potent (Tedford *et al*., 2004), they are also highly selective since these CaV channels are not highly conserved in insects. This particular characteristic makes them attractive alternatives to chemical pesticides and represents a potentially novel mode of action. However, a major limitation to their use has been an inability to deliver these molecules to their target site of action.

This limitation has been addressed through the use of fusion protein technology in which insecticidal peptides are linked to 'carrier' proteins that enable their transport across the midgut epithelium to the haemocoel and hence to their target site, the CNS. This technology represented a major breakthrough (Fig. 1).

The use of plant lectins has successfully allowed proteins such as spider venom toxins to act as orally delivered biopesticides. For example, v-hexatoxin-Hv1a (Hv1a) from the Australian funnel web spider *Hadronyche versuta* acts on CaV channels in the insect central nervous system (CNS), causing paralysis (Bloomquist, 2003). This toxin is lethal to many insect species when injected, but does not affect mammals (Fletcher *et al*., 1997). However, when delivered orally, it is essentially non-toxic to insects, as it is unable to reach its site of action in the CNS. Fusion of this insecticidal molecule to the carrier protein snowdrop lectin (*Galanthus nivalis* agglutinin, GNA), allows Hv1a to traverse the insect gut epithelium and access its sites of action, producing an orally active insecticidal protein. The Hv1a/GNA fusion protein has oral insecticidal activity against insects from a range of orders, including Lepidoptera, Coleoptera, and Hemiptera (Fitches *et al*., 2012; Nakasu *et al*., 2014a).

Biosafety is paramount to the use of such technologies and is key to the regulatory and registration process. We therefore investigated toxicity of this fusion protein to both adults and the larvae of honeybee *Apis mellifera* in accordance with OECD guidelines. These studies confirmed that the Hv1a/GNA fusion protein was neither acutely nor chronically toxic to honeybee; furthermore, contact toxicity studies also demonstrated that the fusion protein was not toxic. However, calcium voltage-gated ion channels are known to play a key role in olfactory learning in mammals and since subtle aspects of bee behaviour such as learning and memory, important for foraging and survival, can be impaired after prolonged exposure to chemical pesticides, we carried out a series of studies using proboscis extension reflex. Again these studies

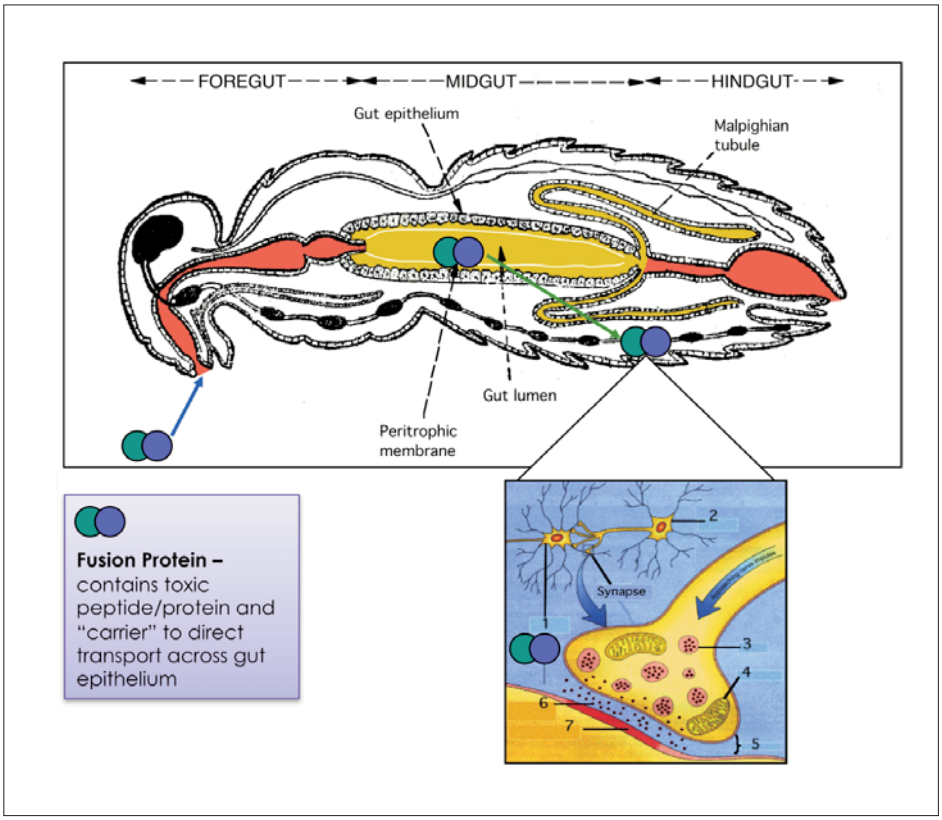

Fig. 1 – The fusion protein concept. Producing a hybrid protein in which a carrier molecule is fused to a toxin, enables the transport of the toxin across the insect gut epithelium. Toxins delivered orally as part of fusion proteins can thus reach the haemolymph, and the site(s) where they exert insecticidal activity (Courtesy of J.A. Gatehouse, who developed the technology).

showed that the Hv1a/GNA fusion protein did not impair learning and memory, further confirming its safety for bees (NAKASU *et al*., 2014b).

More recently we have shown that a neurotoxin from the venom of *Segestria florentina* (SFl6), coupled to bovine serum albumen (BSA) as a carrier molecule (CASARTELLI *et al*., 2005; CASARTELLI *et al*., 2008) and expressed in *Pichia pastoris* as a microbial expression system, was highly toxic to two aphid species, in a dose-dependent manner. At the highest concentration tested (0.1%) the fusion protein caused 100% nymph mortality after 4 and 6 days for *Myzus persicae*, and *Sitobion avenae,* respectively. These results clearly demonstrate that the venom peptide from *S. florentina* (SFl6) is toxic to both a generalist and specialist aphid species, both of which are major economic pests (unpublished). The results also demonstrate that BSA is an effective carrier molecule targeting the SFl6 to the CNS, the site of action of the neuropeptide. Based on these studies production of the fusion protein has now been scaled up to batch fermentation levels. The resulting crude protein showed comparable levels of toxicity to the highly purified protein, demonstrating its potential commercial viability.

Targeting the nervous system can also have an effect on the immune system since these two systems are highly integrated (Fig. 2). They cooperate in local and systemic reflexes that restore homeostasis in response to tissue injury and infection, and share a range of cytokines, growth factors, and neuropeptides, thus enabling reciprocal cross-talk (TALBOT *et al*., 2016).

This, indeed, likely accounts for the observed enhanced susceptibility of *Tribolium castaneum* to the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* after knockdown of ion channel genes (unpublished).

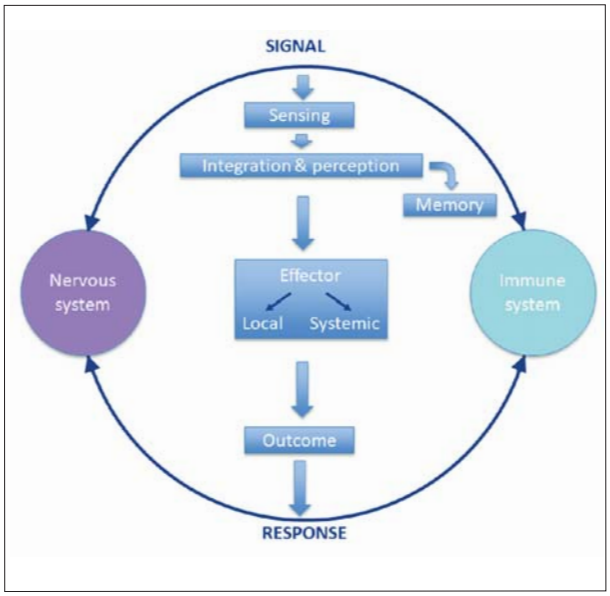

Fig. 2 – Diagram illustrating neural control of immunity (after TALBOT *et al*., 2016).

Case Study 2: Targeting the insect immune system

Biopesticide candidates such as those that impair the immune system of phytophagous insect pests are also very timely. However, before this approach can be exploited it is necessary first to have a detailed understanding of the insect immune system and, indeed, how natural enemies such as parasitic wasps, which form an important component of biological control, are able to circumvent or suppress its host's immune system. The braconid wasp *Toxoneuron nigriceps*, provides an ideal system to study the molecular mechanisms underlying host-parasitoid interactions and has allowed the isolation of host immune genes targeted by virulence factors of parasitic origin. Furthermore, identification of their cognate receptors and the availability of novel gene editing tools such as RNA interference (RNAi) and CRISPR, offers opportunities to develop bioinspired strategies that mimic the negative effects of natural antagonists on their insect host. The rationale behind this approach is to modulate the expression of insect immune genes targeted by virulence factors encoded by natural antagonists or their associated symbionts, so that the pathological alterations induced by them can be reproduced, or indeed enhanced (Pennacchio *et al*., 2012).

The use of "RNAi mediated crop protection" technologies is currently receiving much attention both in academic and industry sectors. In most cases the approach taken has been to silence genes controlling important physiological functions so as to induce lethal phenotypes (Abd El Halim *et al*., 2016; Cooper *et al*., 2018; Alshukri *et al*., 2019). This approach generates a direct killing effect which, in terms of population dynamics of target pests, is not so very different to that generated by an insecticide treatment, other than being highly specific. Indeed, in 2017 Monsanto licenced the technology in a corn variety designated SmartStaxPro, which not only expresses genes encoding different *Bt* Cry proteins but also dsRNA targeting the *Snf7* gene in corn root worm; this new trait is likely to be fully commercialised by Bayer in 2022. In contrast to the approach taken above, we propose a very different approach based on an indirect killing activity due to enhanced sensitivity of the target insect pest to natural antagonists induced by reduced immunocompetence achieved by RNAi mediated down-regulation of immune genes targeted by natural virulence factors. In other words, we try to reproduce the inactivation of insect defence barriers through molecular strategies adopted by their pathogens and parasites. The proof of concept supporting the validity of such an approach was provided by us in a recent paper (Caccia *et al*., 2016), where it was shown that the effective silencing of an immune gene in Lepidoptera is associated with a 5-6 fold increase of mortality induced by *B. thuringiensis* or one of its toxins (Cry1a). Studies demonstrated that feeding *Spodoptera littoralis* larvae dsRNA targeting the *Sl 102* gene caused significant gene silencing; this was accompanied by significantly enhanced levels of mortality when larvae were fed both dsRNA together with a sub-lethal dose of *Bt*, compared to those fed the same *Bt* treatment alone (Fig. 3). This example of pest suppression, by enhancing the impact of ecosystem service providers (i.e. insect natural antagonists) through RNA interference, has no negative impact on beneficials, which can survive and continue to develop on natural hosts that are not drastically reduced in number by a strong insecticidal activity, whatever the origin.

The high degree of specificity of the antagonistic associations illustrated in the two Case Studies cited

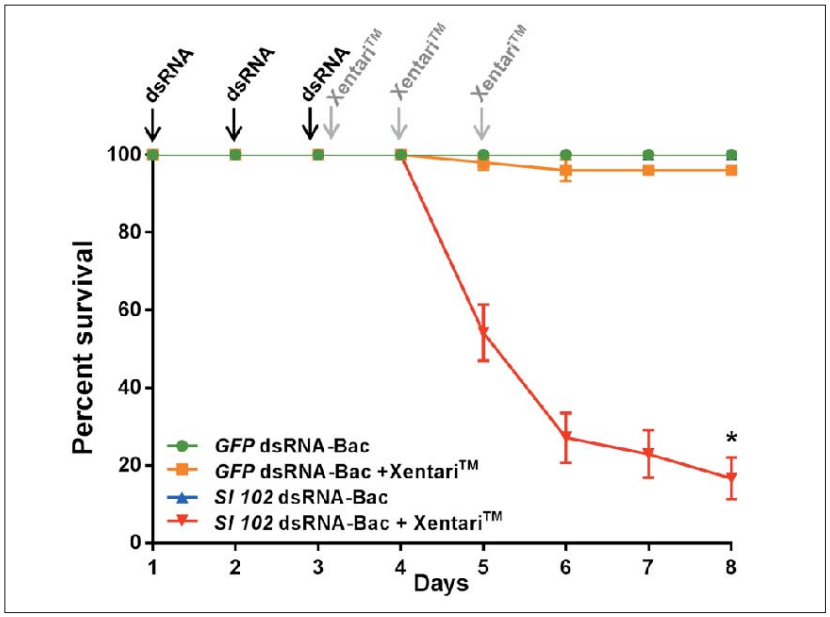

Fig. 3 – Susceptibility of immunosuppressed *Spodoptera littoralis* larvae to a sub-lethal dose of *Bacillus thuringiensis* (Xentari™) (Caccia *et al*., 2020).

above, opens the way for the development of novel and safe biopesticides. The first strategy is based on the effective delivery of species-specific toxin peptides from spiders (which are highly effective predators of insects) and the second strategy is based on the targeted gene silencing action of effectively tailored dsRNAs, which confers a high degree of selectivity. This makes these approaches ideal for inclusion in sustainable integrated pest management (IPM) programmes.

ACKNOWLEDGMENTS

Part of the work presented in this paper was supported by the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme, under grant agreement no. 773554 (EcoStack).

REFERENCES

Abd El Halim H.M., Alshukri B.H.M., Ahmad M.S., Nakasu E.Y.T., Awwad H.M., Salama E.M., Gatehouse A.M.R., Edwards M.G., 2016 – *RNAi-mediated knockdown of the voltage gated sodium ion channel TcNa$_v$ causes mortality in* Tribolium castaneum*.* - Sci. Rep., 6:29301

Alshukri B., Astarita F., Al-Esawy M., Abd El Halim H.M., Pennacchio F., Gatehouse A.M.R., Edwards M.G., 2019 – *Targeting Potassium Ion Channels Genes SH and SK, as a Novel Approach for Control of Insect Pests: Efficacy and Biosafety*. - Pest Manag. Sci., 75: 2505-2516.

Bloomquist J.R., 2003 – *Mode of action of atracotoxin at central and peripheral synapses of insects*. - Invert. Neurosci., 5: 45-50.

Caccia S., Astarita F., Barra E., Di Lelio I., Varricchio P., Pennacchio F., 2020 – *Enhancement of Bacillus thuringiensis toxicity by feeding* Spodoptera littoralis *larvae with bacteria expressing immune suppressive dsRNA*. - J Pest Sci., 93: 303-314.

Caccia S., Di Lelio I., La Storia A., Marinelli A., Varricchio P., Franzetti E., Banyuls N., Tettamanti G., Casartelli M., Giordana B., Ferré J., Gigliotti S., Ercolini D., Pennacchio F., 2016 – *Midgut microbiota and host immunocompetence underlie* Bacillus thuringiensis *killing mechanism*. - PNAS, 113: 9486-9491.

Casartelli M., Corti P., Leonardi M.G., Fiandra L., Burlini N., Pennacchio F., Giordana B., 2005 – *Absorption of albumin by the midgut of a lepidopteran larva.* – J. Insect Physiol., 51: 933-940.

Casartelli M., Cermenati G., Rodighiero S., Pennacchio F., Giordana B., 2008 – *A megalin-like receptor is involved in protein endocytosis in the midgut of an insect (*Bombyx mori, Lepidoptera*)*. - Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*.,* 295: R1290-R1300.

Cooper A.M.W., Silver K., Zhang J., Park Y., Zhu K.Y. 2018 – *Molecular mechanisms influencing efficiency of RNA interference in insects.* - SCI., 75: 18-28.

De Bach P. (Ed.), 1964 – *Biological control of insect pests and weeds*. Chapman & Hall Ltd., London, 844 pp.

Fletcher J.I., Smith R., O'Donoghue S.I., Nilges M., Connor M., Howden M.E., Christie M.J., King G.F., 1997 – *The structure of a novel insecticidal neurotoxin, omega-atracotoxin-HV1, from the venom of an Australian funnel web spider*. - Nat. Struct. Mol. Biol., 4: 559-566.

Fitches E.C., Pyati P., King G.F., Gatehouse J.A., 2012 – *Fusion to snowdrop lectin magnifies the oral activity of insecticidal omega-Hexatoxin-Hv1a peptide by enabling its delivery to the central nervous system*. - PLoS ONE, 7: e39389.

Girón-Calva P.S., Twyman R.M., Albajes R., Gatehouse A.M.R., Christou P., 2020 –*The impact of environmental stress on Bt crops performance*. - Trends Plant Sci. 25: 264-278.

ISAAA Brief, 55-2019 - *Executive summary: Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier.* https// www.isaaa.org/ resources/publications

Nakasu E.Y.T., Edwards M.G., Fitches E., Gatehouse J.A., Gatehouse A.M.R., 2014a – *Transgenic plants expressing ω-ACTX-Hv1a and snowdrop lectin (GNA) fusion protein show enhanced resistance to aphids*. - Front. Plant Sci., 5: 673.

Nakasu E.Y.T., Williamson S.M., Edwards M.G., Fitches E., Gatehouse J.A., Wright G.A., Gatehouse A.M.R., 2014b – *Novel biopesticide based on spider venom neurotoxin shows no adverse effects on honeybees*. - Proc. R. Soc. B., 281: 20140619.

Pennacchio F., Giordana B., Rao R., 2012 – *Applications of parasitoid virus and venom research in agriculture.* - In: Parasitoid Viruses: Symbionts and Pathogens, Beckage N.E. & Drezen J.M. Ed., Academic Press, London, pp. 269-283.

Talbot S., Foster S.L., Woolf C.J., 2016 – *Neuroimmunity: Physiology and Pathology.* - Annu Rev Immunol., 34: 421-447.

Tedford H.W., Sollod B.L., Maggio F., King G.F., 2004 – *Australian funnel-web spiders: master insecticide chemists*. – Toxicon, 43: 601-618.

98 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 99-104

LA TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ TRA MITO E REALTÀ: IL FUTURO DELL'ENTOMOLOGIA PROFESSIONALE E AMATORIALE

ALBERTO BALLERIO[a]

[a]*Viale Venezia 45, 25123 Brescia;* e-mail: alberto.ballerio.bs@aballerio.it
Lettura tenuta nell'ambito delle Giornate Culturali "*Insect biodiversity and ecosystem services*" (webinar, 8-12 giugno 2020) organizzate congiuntamente dalla Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e dalla Società Entomologica Italiana.

Myths and reality of biodiversity protection: the fate of professional and amateur entomologists

The major threats to terrestrial invertebrate diversity are clearly connected with chemical and light pollution, intensive agriculture, land management and climate change and, in order to be addressed, they require comprehensive and far-reaching measures. Conversely the actions taken by governments, other public authorities, and private environmental organizations in order to cope with those problems often focus on single species "conservation" or even single individuals protection. This results in unjustified restrictions to any activity involving the enjoyment of the natural world by people, including insect collecting by professional and amateur entomologists. This paper tries to briefly explain the causes of such an approach and its impact on entomological research. The potential impact of another law (the Nagoya Protocol) on biodiversity research will be discussed too.

KEY WORDS: insect conservation, biodiversity conservation law, insect collecting, Nagoya Protocol.

INTRODUZIONE

Alcuni recenti studi hanno rilevato una riduzione nella consistenza delle popolazioni di insetti in alcune aree geografiche (si veda ALBOUY *et al*., 2020, per una accessibile e aggiornata sintesi del problema). Spesso non si tratta di tutti gli insetti ma solo di alcune specifiche zoocenosi, come gli insetti acquatici o i coprofagi. Ognuno di noi ha poi la propria aneddotica, fatta di impressioni e ricordi. Difficile in questo frangente separare il grano dal loglio. Ancor più difficile laddove il contesto culturale sia ormai aduso a estremizzare e drammatizzare tutto. Ormai "la scomparsa delle api" e altri simili slogan sono diventate post-verità: formule recepite acriticamente e ripetute all'infinito, che in tal modo finiscono col diventare verità incontestabili. Questo articolo non ha come scopo la trattazione del problema del (presunto) declino degli insetti ma si occupa di un effetto collaterale del problema, strettamente collegato con la retorica che circonda l'argomento. Mi soffermerò infatti su uno specifico tema che, purtroppo e falsamente, viene spesso evocato laddove si parli di conservazione degli insetti e cioè l'attività di raccolta degli insetti da parte degli entomologi, siano essi professionisti o dilettanti.

LE CAUSE DEL DECLINO DEGLI INSETTI. IL MITO E LA REALTÀ

Generalmente i fenomeni che determinano la riduzione delle popolazioni di insetti o addirittura la scomparsa di esse vengono individuati nelle seguenti cause:

a) l'inquinamento, sia esso chimico (pesticidi e altro) o luminoso,
b) le tecniche di agricoltura intensiva e lo stress che queste determinano a carico del suolo e delle altre componenti ambientali (a tale proposito suggerisco di leggere le interessanti osservazioni fatte da REICHHOLF, 2020),
c) la gestione del territorio e degli ambienti "naturali" (le virgolette sono d'obbligo in un paese dove ciò che chiamiamo "natura" è in realtà, per una rilevante parte, un paesaggio plasmato da millenni di interventi umani),
d) il cambiamento climatico,
e) la competizione con/predazione da parte di alcune specie invasive,
f) la combinazione di due o più dei sopra menzionati fattori.

Nonostante queste cause siano ben presenti a chi si occupa di conservazione degli invertebrati terrestri e dulcacquicoli (si veda per esempio SAMWAYS, 2020), vi è evidentemente un problema nella comunicazione delle stesse ai burocrati e ai politici che di questi problemi si interessano. La politica, infatti, recepisce il messaggio del declino degli insetti e normalmente lo traduce in precetti che hanno poco a che fare con i rimedi alle succitate cause di declino. Come conseguenza, esaminando i principali testi normativi che si occupano di tutelare gli invertebrati (per una disanima dei testi esistenti fino al 2003 si veda BALLERIO, 2003), troviamo spesso formule assai generiche riferite alle misure

– Pubblicato marzo 2021

per contrastare le vere cause di declino degli insetti. Formule che poi richiedono l'emanazione di regolamenti attuativi e il complesso coordinamento con altre leggi, oltre che notevolissime risorse economiche. Per tali motivi sono destinate a rimanere in gran parte lettera morta. Questi testi invece si dilungano a dettagliare precetti con riferimento alla "persecuzione" diretta e consapevole degli insetti, come se questa fosse una causa del declino degli stessi. A titolo di esempio si può citare il disposto dell'art. 12 della Direttiva Habitat: "1. *Gli Stati membri adottano i provvedimenti necessari atti ad istituire un regime di rigorosa tutela delle specie animali di cui all'allegato IV, lettera a), nella loro area di ripartizione naturale, con divieto di:*

a) qualsiasi forma di cattura o uccisione deliberata di esemplari di tali specie nell'ambiente naturale;
b) perturbare deliberatamente tali specie, segnatamente durante il periodo di riproduzione, di allevamento, di ibernazione e di migrazione;
c) distruggere o raccogliere deliberatamente le uova nell'ambiente naturale;
d) deterioramento o distruzione dei siti di riproduzione o delle aree di riposo.

2. Per dette specie gli Sati membri vietano il possesso, il trasporto, la commercializzazione ovvero lo scambio e l'offerta scopi commerciali o di scambio di esemplari presi dall'ambiente naturale, salvo quelli legalmente raccolti prima della messa in applicazione della presente direttiva."

Questo testo è stato poi sostanzialmente ripreso in gran parte dei successivi testi normativi che si sono occupati di tutelare gli insetti (per esempio le numerose leggi regionali che sono state emanate negli ultimi venti anni).

Come osservato da Casale (2018): "*le iniziative e i provvedimenti per la conservazione di specie di Insetti si sono rivelati quasi sempre inadeguati, velleitari, talora patetici o addirittura palesemente dannosi alla Scienza: "liste rosse" di vario livello, direttive, leggi regionali per proteggere una singola specie (o addirittura generi, poi modificati per ragioni di nomenclatura o per revisioni a livello filogenetico), divieti di raccolta in determinati ambienti, fino al divieto assoluto di prelievo su interi territori nazionali (ad esempio in Spagna o in Croazia). Tutte norme risultate palesemente inattuabili, irrealizzabili e antiscientifiche, e come tali mai rispettate e mai fatte rispettare da nessuno, mentre le modificazioni e le distruzioni degli ambienti, il consumo del suolo, l'uso di pesticidi e le pratiche colturali hanno continuato e continuano senza sosta a erodere la diversità biologica e a determinare la scomparsa di popolazioni di specie di grande interesse, spesso ignorate in quanto non amate dal pubblico e irrilevanti dal punto di vista estetico*.".

Ma vediamo di individuare quali siano le ragioni di questo atteggiamento da parte del Legislatore:

a) Una prima osservazione è che questa enfasi sulla protezione dalla persecuzione umana non è altro che l'eco di come la politica ha affrontato il problema della conservazione degli animali nel passato. Infatti il tema della conservazione degli animali attraverso strumenti legali, nei suoi primi decenni, si è concentrato essenzialmente su mammiferi e uccelli o comunque su specie di interesse alimentare. Tutte specie potenzialmente soggette a sfruttamento su larga scala e con una platea di potenziali "persecutori" costituita da diversi milioni di persone, spesso, come nel caso di agricoltori e pastori, presenti sul territorio in modo costante e capillare. È di tutta evidenza come, per gli insetti, il problema della "persecuzione diretta" sia sostanzialmente irrilevante: limitato alle specie dannose all'agricoltura o alla salute umana oppure a pochissime specie di interesse collezionistico (che rappresentano una minima frazione della entomofauna italiana). In quest'ultimo caso però il numero dei potenziali interessati non è per nulla paragonabile al numero di altri fruitori dei doni della natura, come possono essere i cacciatori, pescatori o i raccoglitori di funghi. L'esempio del *Carabus olympiae* ricordato da Casale (2018) è da questo punto di vista abbastanza paradigmatico: pur essendo specie localizzata geograficamente e oggetto di prelievo per fini collezionistici da ben più di un secolo, la specie è ancora viva e vegeta e semmai minacciata dalla frammentazione del suo habitat.
b) Un'altra comune scusa posta alla base di questi divieti è costituita dal fatto che minacciare sanzioni per chi tocchi un insetto è ritenuto un modo efficace di educare al rispetto della natura. È questa la logica che sta dietro a leggi grottesche, come le varie leggi regionali, che videro luce in Italia a partire dagli anni '70 del secolo scorso a seguito della valorizzazione del ruolo ecologico della *Formica rufa*. Tali leggi vietano/vietavano il prelievo anche solo di singoli esemplari di questa specie, le cui colonie possono ospitare parecchie centinaia di migliaia di individui. A questo approccio possono farsi due principali obiezioni. La prima è che è discutibile l'equazione rispetto = non toccare (la biodiversità è per sua natura una risorsa rinnovabile e l'uomo la sfrutta dalla notte dei tempi). La seconda è che, se l'obiettivo è quello di educare al rispetto degli insetti, questo risultato si può ottenere anche con altre misure più civili e sensate e meno violente. Leggi che promuovessero pratiche agricole insect friendly e che riducessero l'inquinamento luminoso e simili, se promosse con lo scopo esplicito di favorire gli insetti, avrebbero lo stesso impatto educativo sull'opinione pubblica, senza trasformare il tema della tutela degli insetti in un inutile e costoso gioco di "guardie e ladri".
c) Una terza motivazione, strettamente legata alla

precedente, risiede nel grande impatto mediatico-emotivo che queste misure hanno sulla gente. Proprio perché il problema della conservazione degli animali nella mente dell'umo della strada, ingenuamente, si riduce alla persecuzione diretta da parte dell'uomo, una legge che vietasse la raccolta di una formica finirebbe per avere un grande impatto mediatico, giocando proprio sulla diffusa ignoranza della gente su questi temi.

d) Queste misure hanno poi costi di attuazione largamente inferiori rispetto agli enormi costi collegati alle misure veramente efficaci (riduzione inquinamento, gestione del territorio, ecc.) e per tale motivo vengono spesso preferite: con pochi soldi si ottiene un grande impatto mediatico. Ma non si risolve alcun problema!

e) Come ultima notazione va rimarcato il collegamento che esiste tra la prassi di creare liste rosse e il conseguente inserimento delle specie in lista rossa negli elenchi delle specie protette rigorosamente. La prassi delle liste rosse, ponendo enfasi su singole specie, sembra fatta proprio per alimentare questo meccanismo. Tanto più che i dati sui quali è basato l'inserimento di specie di insetti nelle liste rosse sono quasi sempre frammentari e incompleti. Per gli insetti le liste rosse dovrebbero essere intese come liste di attenzione al fine di individuare specie meritevoli di ricerche finalizzate a una migliore valutazione del loro stato. In esito a tale valutazione si potrà operare un de-listing, in caso lo studio approfondito abbia dimostrato un buono stato di conservazione. In caso contrario si procederà all'elaborazione di un action plan. Solo l'action plan potrà individuare le misure necessarie per la conservazione della specie. Di fatto invece ciò che accade nella prassi è che gli elenchi presenti nelle liste rosse vengono acriticamente recepiti nei testi legislativi, in genere con misure di tutela rigorosa.

Oltre alle considerazioni appena svolte, va segnalato come le misure che enfatizzano la tutela di singole specie, ponendo l'accento sulla persecuzione diretta come una possibile causa di minaccia, quando riguardino insetti, abbiano assai poco senso, tenuto conto:

– della elevata capacità riproduttiva che generalmente caratterizza gli insetti,
– della loro elusività (collegata alle piccole dimensioni e alle peculiarità della loro biologia), che costituisce una sorta di naturale difesa dalla "persecuzione" diretta da parte dell'uomo, e
– dell'esiguo numero di persone potenzialmente interessate. Si confronti il risibile numero di appassionati di entomologia (qualche migliaio) a fronte del numero di pescatori (oltre due milioni) o di raccoglitori di funghi (diversi milioni).

Inoltre queste misure hanno una serie di conseguenze negative:

– allontanano dagli insetti protetti gli unici soggetti realmente interessati alla loro sopravvivenza e cioè gli entomologi, affidando il fato di questi animali a una varia gerarchia burocratica a essi del tutto indifferente;
– creano seri ostacoli all'accrescimento di conoscenze sulla sistematica, distribuzione e biologia degli insetti e al monitoraggio degli stessi (accrescimento dovuto in maniera rilevante all'attività entomologica sul territorio condotta da amatori e professionisti);
– pongono falsamente enfasi sull'attività entomologica come causa della diminuzione degli insetti, mettendoci in cattiva luce e creando una pesante e falsa ipoteca sul nostro futuro e sulla nostra reputazione;
– col creare un clima pieno di vincoli e pesanti sanzioni, scoraggiano l'avvicinamento all'entomologia da parte delle nuove generazioni. Si accresce così quel senso di alienazione dalla natura che è alla base di molti dei contraddittori atteggiamenti che l'uomo contemporaneo nutre verso il mondo vivente;
– finiscono con l'avere conseguenze abnormi, tenuto conto del fatto che adesso esistono strumenti penali per sanzionare determinate condotte (tra le quali il prelievo e la detenzione delle specie di cui all'allegato IV della Direttiva Habitat ma non solo). Non si può mettere sullo stesso piano il prelievo di un *Cerambyx cerdo* con quello di un orso marsicano.

Il Protocollo di Nagoya

La Convenzione sulla Biodiversità (fatta a Rio de Janeiro il 5 giugno 1992), ha posto l'accento sulla biodiversità intesa come "ricchezza" e sul "diritto sovrano" di sfruttarla da parte degli stati nei quali tale ricchezza si trova. Questo ha spinto alcune nazioni, e in special modo quelle in via di sviluppo, a creare legislazioni in materia di biodiversità caratterizzate da una forte chiusura verso l'esterno. Dopo quasi trenta anni di vita della Convenzione, appare evidente come questo indirizzo politico non abbia affatto giovato alla biodiversità e all'incremento di conoscenze sulla stessa. Nelle nazioni in via di sviluppo (e non solo) abbiamo infatti assistito al fiorire di legislazioni estremamente complicate, se non addirittura ostili, in materia di accesso alla biodiversità per finalità di studio. Col risultato che in alcune nazioni, come l'India o l'Indonesia, dove notoriamente ottenere permessi di ricerca è quasi impossibile, si è assistito a un notevole rallentamento nell'incremento delle conoscenze sulla biodiversità, senza che, peraltro, l'erosione della biodiversità operata dalle note cause (trasformazione del territorio, ecc.) sia cessata.

Uno degli spin off della Convenzione sulla Biodiversità è il Protocollo di Nagoya (di seguito anche semplicemente il "Protocollo"), operante dal 12 ottobre

2014, che si collega al citato "diritto sovrano" di sfruttare la biodiversità. Il Protocollo di Nagoya nasce, più precisamente, dal tentativo di trovare una soluzione al problema della biopirateria. Pur non esistendo una definizione ufficiale di "biopirateria", possiamo dire che, comunemente, si usa tale termine per indicare le attività di prospezione sul campo svolte da parte di industrie farmaceutiche, cosmetiche o chimiche, alla ricerca di principi attivi e geni in grado di produrli, da sfruttare per lo sviluppo di nuovi farmaci o altri prodotti. Le industrie che svolgono queste prospezioni hanno di solito sede nei paesi sviluppati e i luoghi dove le prospezioni vengono svolte spesso si trovano invece nei paesi in via di sviluppo. I proventi derivanti dalla commercializzazione dei prodotti ricavati dallo sfruttamento dei principi attivi reperiti sul campo spesso non venivano condivisi con il paese di origine di tali principi attivi. Il Protocollo ha come scopo quello di permettere una giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dall'utilizzazione delle risorse genetiche tra "utilizzatore" e paese di origine delle stesse. Il Protocollo ha quindi finalità apprezzabili e condivisibili e nasce principalmente per aiutare i paesi in via di sviluppo, spesso ricchi di biodiversità ma poveri di industrie in grado di sfruttare tale biodiversità. Le troppo generiche formulazioni delle regole contenute nel Protocollo hanno però generato grandi incertezze e hanno fanno sì che i suoi precetti si siano estesi anche ad alcuni settori della ricerca pura, del tutto estranei alla definizione di "biopirateria" sopra menzionata.

I concetti chiave per capire il Protocollo sono tre: "risorsa genetica", "utilizzo" e "accesso".

Le "risorse genetiche" vengono definite come "*il materiale genetico che abbia un valore effettivo o potenziale*". Quindi anche un qualsiasi frammento organico presente nella polvere, in quanto contenente informazione genetica, potrebbe ricadere in questa definizione. È qui importante non confondere il concetto di "risorsa genetica" col concetto di "biodiversità". Infatti il concetto di risorsa genetica si estende anche a reperti museali esotici che possano potenzialmente contenere sequenze genetiche o ad animali o piante esotici viventi in una nazione e acquisiti prima dell'entrata in vigore del Protocollo (12 ottobre 2014). Ne consegue che, per esempio, l'Italia, che in Europa è forse la nazione più ricca di biodiversità, non è però la più ricca di risorse genetiche. Il primato europeo spetta probabilmente al Regno Unito o alla Francia, che possiedono ricchissimi musei ed erbari, oltre che zoo e orti botanici e talvolta schiere di appassionati di coltivazione di piante (l'edizione 2020 del "Plant Finder" della Royal Horticultural Society elenca ben 81.000 specie e varietà di piante coltivate nel Regno Unito).

Per quanto riguarda invece la definizione di "Utilizzo" (da cui deriva anche il termine "Utilizzatore"), questo viene definito come "*le attività di ricerca e sviluppo sulla composizione genetica e/o biochimica delle risorse genetiche, anche attraverso l'applicazione della biotecnologia*". Molti sono stati fuorviati dall'uso di un termine di uso comune quale è il termine "utilizzo" e questo ha generato numerosi equivoci. Occorre quindi tenere bene in mente che il Protocollo opera una ridefinizione del termine "utilizzo", che viene circoscritto a una precisa attività (si veda la definizione sopra riportata) e non a qualsiasi forma di uso che si faccia di una risorsa genetica. Ne consegue, per esempio, che, contrariamente alla credenza di qualcuno, la detenzione in collezione di un animale o la coltivazione di una pianta non configurano un "utilizzo" (*sensu* Protocollo), come pure non è "utilizzo" l'attività di identificazione di un organismo vivente. Non configurando "utilizzo" sono attività fuori dal perimetro del Protocollo.

Il terzo concetto chiave è "l'accesso", definito come "*l'acquisizione delle risorse genetiche o delle conoscenze tradizionali associate alle risorse genetiche presenti in un Paese che è parte contraente del protocollo di Nagoya"*, questa definizione comprende sia la raccolta sul campo che l'acquisto in commercio o qualsiasi altra attività che comporti l'acquisizione di materiale genetico.

In estrema sintesi il Protocollo funziona così: se e solo se una Nazione decide di regolamentare l'"accesso" alle "risorse genetiche", ecco che chi volesse "utilizzare" tali risorse dovrà seguire una particolare procedura che si traduce nel concordare con la Nazione di provenienza della risorsa genetica quali vantaggi accordare alla stessa a fronte del permesso di utilizzo della risorsa genetica. In Europa la maggior parte delle Nazioni ha deciso di non regolamentare l'accesso. Questa decisione è probabilmente figlia della constatazione che il Protocollo è stato pensato per aiutare i paesi in via di sviluppo e che il regolamentare l'accesso in un paese industrializzato si sarebbe soltanto tradotto in maggiori ostacoli alla competitività dell'industria nazionale, senza significativi ulteriori vantaggi. Ci sono però eccezioni, alcune con regolamentazioni chiare e di buon senso (come nel caso della Francia) altre con testi normativi assai poco chiari (come nel caso della Spagna o della Bulgaria). Speriamo che l'Italia, allineandosi a nazioni come la Gran Bretagna e la Germania, decida di non regolamentare l'accesso. Questo avrebbe anche il vantaggio di evitare possibili conseguenze negative anche sulla ricerca scientifica svolta da università e musei. Va infatti ricordato che, una volta regolamentato l'accesso, questa regolamentazione non sarebbe solo rivolta a stranieri che volessero "utilizzare" risorse genetiche italiane ma anche a tutti gli enti e i cittadini italiani, che sarebbero soggetti agli stessi vincoli degli stranieri.

Nell'Unione Europea il Protocollo è in vigore grazie

al Regolamento Europeo 511/2014 (di seguito anche semplicemente il "Regolamento"). Il Regolamento, seguendo le norme del Protocollo, stabilisce le regole e le procedure da seguire quando si voglia "utilizzare" una "risorsa genetica" proveniente da una nazione che abbia regolamentato l'"accesso" (sia essa membro della UE o meno). L'Italia ha recentemente definito le sanzioni per le violazioni del Regolamento con il decreto legislativo 153/2020 e sono sanzioni decisamente salate, potendo arrivare in certi casi fino a 150.000 euro.

Nell'ambito delle discussioni seguite alla emanazione del citato Regolamento Europeo, ci si è chiesti se l'attività di ricerca tassonomica rientrasse sotto il concetto di "utilizzo". Nonostante alcune prese di posizione assurde, secondo le quali anche la semplice descrizione morfologica di nuove specie sarebbe rientrata nel concetto di "utilizzo", alla fine ha prevalso il buon senso. Le linee guida (Guidance document) pubblicate lo scorso 14 dicembre (COMMISSIONE EUROPEA, 2020) e i loro due allegati chiariscono molti punti controversi. Molti utili esempi sono riportati nel secondo allegato delle linee guida. Tra le conclusioni più interessanti alle quali perviene il documento va menzionata l'esclusione delle attività di identificazione di specie e ricostruzione di filogenesi, condotte attraverso metodi molecolari, laddove queste attività non comportino indagini sulla funzione dei geni coinvolti. Il Protocollo si applica invece laddove la ricerca, attraverso l'analisi molecolare o biochimica, miri a individuare la funzione dei geni o a sviluppare principi attivi o altre soluzioni applicative. Chi si occupi di entomologia applicata dovrà quindi fare particolare attenzione quando un'analisi molecolare o biochimica venga svolta su risorse genetiche provenienti da paesi che hanno regolamentato l'accesso e che siano state acquisite dopo l'entrata in vigore del Protocollo.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Finora abbiamo goduto di grande libertà nelle nostre ricerche e questa libertà ha fatto sì che l'Italia abbia costruito una eccellente base di conoscenze sulla propria biodiversità. Questi risultati sono il frutto dello sforzo combinato di università, musei e una piccola schiera di amatori, i quali ultimi svolgono un ruolo fondamentale nella esplorazione faunistica del nostro Paese e nella creazione delle collezioni. Un recente studio (FONTAINE *et al*., 2012) ha evidenziato come in Europa in media vengano descritte annualmente 700/800 nuove specie della fauna europea e che il 60% di queste descrizioni sia fatto da amatori. Probabilmente, se volessimo estendere l'indagine bibliografica anche ai lavori faunistici, la percentuale da attribuire al mondo amatoriale aumenterebbe ulteriormente.

Potremo in futuro continuare a svolgere le nostre ricerche senza troppi ostacoli, come è accaduto fino a oggi? Il clima politico e culturale non ci sono favorevoli. La dilagante ignoranza in materia scientifica e lo stato di alienazione dalla natura che caratterizzano la società contemporanea del nostro Paese non permettono certo di sperare bene. Basta sentire un qualsiasi telegiornale o leggere un qualsiasi quotidiano (per non parlare dei social media) per accorgersi che, quando si parla del mondo vivente, nella testa delle persone, anche di elevato grado culturale, c'è una grande confusione. Ideologie come l'animalismo, del tutto prive di una qualsiasi legittimazione scientifica o filosofica, sono spesso evocate ogniqualvolta si parli di conservazione degli animali. Analogamente, temi strettamente ambientali (aria, acqua e suolo sani) si confondono senza soluzione di continuità con altri temi, ben diversi, come la conservazione della natura e la biodiversità. Nel complesso ben pochi sembrano essere consapevoli di quanto sia vasta e complessa la biodiversità e di quanto si compenetri col mondo dell'uomo, con la conseguenza che soluzioni semplicistiche sono spesso proposte e accettate senza adeguati approfondimenti. Difficile fare previsioni. Quello che è certo è che è imperativa una corretta comunicazione verso il pubblico, senza strizzare l'occhio a ideologie e facili slogan. È quindi necessario da parte nostra un particolare sforzo di comunicazione, affinché sia chiaro il messaggio che il problema del declino degli insetti non si risolve proteggendo singole specie o emanando ridicoli divieti di raccogliere o molestare gli insetti. Il tema della conservazione degli insetti ci ricorda, più di altri, che una efficace conservazione della natura si raggiunge solo laddove si controllino l'inquinamento e la gestione/trasformazione del territorio. È necessario che il dibattito si sposti dall'ingenuo approccio basato sulla protezione delle singole specie (legato e alimentato dalla prassi delle liste rosse) al livello della gestione del territorio e/o di intere biocenosi. Sarà poi sempre necessario rimarcare l'importante ruolo che gli amatori rivestono nell'accrescimento delle conoscenze sulla diversità, distribuzione e biologia degli insetti.

RIASSUNTO

Le principali minacce alla diversità degli invertebrati terrestri sono collegate con l'inquinamento, l'agricoltura intensiva, la gestione del territorio e il cambiamento climatico. Fenomeni che richiedono soluzioni complesse e di ampio respiro. Le azioni prese da governi e altri enti si concentrano invece sulla «conservazione» di singole specie o addirittura di singoli individui.

Questo si traduce in restrizioni non giustificate a qualsiasi attività che implichi il godimento della natura, compresa la raccolta degli insetti da parte di entomologi professionisti o amatori che siano. Questo articolo tenta brevemente di spiegare le cause di questo approccio e il suo impatto sulla ricerca entomologica. Viene pure discusso l'impatto potenziale del Protocollo di Nagoya sulle ricerche in materia di biodiversità.

PAROLE CHIAVE: conservazione degli insetti, leggi a tutela della biodiversità, raccolta degli insetti, Protocollo di Nagoya.

BIBLIOGRAFIA

ALBOUY V., RICHARD D., MAQUART P.-O., 2020 - *L'adieu aux insectes? Pourquoi ils disparaissent*. Ulmer (Parigi): 192 pp.

BALLERIO A., 2003 - *EntomoLex: la conservazione degli insetti e la legge*. - Memorie della Società Entomologica Italiana, 82(1): 17-86.

CASALE A., 2018 – *Estinzioni locali o globali. L'estinzione in entomologia: mito o realtà? Introduzione a una Tavola Rotonda.* - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Anno LXVI: 143-148.

COMMISSIONE EUROPEA, 2020 - *Guidance document on the scope of application and core obligations of Regulation (EU) No 511/2014 of the European Parliament and of the Council on the compliance measures for users from the Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilisation in the Union*. Bruxelles: 39 pp. + 2 allegati.

FONTAINE B., VAN ACHTERBERG K., ALONSO-ZARAZAGA M. A., ARAUJO R., ASCHE M., ASPÖCK H., ASPÖCK U., AUDISIO P., AUKEMA B., BAILLY N., BALSAMO M., BANK R. A., BELFIORE C., BOGDANOWICZ W., BOXSHALL G., BURCKHARDT D., CHYLARECKI P., DEHARVENG L., DUBOIS A., ENGHOFF H., FOCHETTI R., FONTAINE C., GARGOMINY O., SOLEDAD GOMEZ LOPEZ M., GOUJET D., HARVEY M. S., HELLER K.-G., VAN HELSDINGEN P., HOCH H., DE JONG Y., KARSHOLT O., LOS W., MAGOWSKI W., MASSARD J. A., MCINNES S. J., MENDES L. F., MEY E., MICHELSEN V., MINELLI A., NIETO NAFRIA J. M., VAN NIEUKERKEN E. J., PAPE T., DE PRINS W., RAMOS M., RICCI C., ROSELAAR C., ROTA E., SEGERS H., TIMM T., VAN TOL J., BOUCHET P., 2012 - *New species in the Old World: Europe as a frontier in biodiversity exploration, a test bed for 21st century taxonomy*. - PLoS One, 7(5): e36881. 7 pp.

REICHHOLF J.H., 2020 - *The disappearance of butterflies*. Polity (Cambridge): 260 pp.

SAMWAYS M.J., 2020 - *Insect Conservation. A Global Synthesis*. CABI (Boston): 540 pp.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 105-111

ACARI DELLE COLTURE: ALCUNE CRITICITÀ E PROSPETTIVE DI STUDIO

SAURO SIMONI[a]

[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
Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 21 novembre 2020.

Crop mites: some critical issues and study perspectives

The contribution is regarding to: study cases representing current problems caused by phytophagous mites in different contexts; perspectives related to further connotation of predatory potential of phytoseiid mites.

The association or infestation sequence of the tomato russet mite, the eriophyid *Aculops lycopersici*, and two spotted spider mite, *Tetranychus urticae,* on tomato, recalls the importance of calibrated and appropriate samplings. Furthermore, it is remarkable the spreading in allergenicity due to *T. urticae:* it is interesting more and more people and involving not only the occupational exposed ones.

With reference to the use of 'Random Forest', the algorithm of 'Learning machine' in the study of infestations by yellow spider mite, *Eotetranychus carpini*, on grapevine: it is proposed to consider this chance in order to exploit, in more timely and exhaustive way, data between density of infestation and symptoms expressed on leaves.

The consideration of Pest Kill Rate is considered to characterize the biotic potential of phytoseiid mites, both at level of mass rearings and of efficiency of a predator newly facing target pest: it was considered the phytoseiid *Neoseiulus californicus* – mass reared on two species of storage mites, the astigmatids *Glycyphagus domesticus* and *Lepidoglyphus destructor*, and *Quercus* sp. pollen - at first impact on *T. urticae*.

KEY WORDS: Spider mite *Tetranychus urticae*, tomato russet mite *Aculops lycopersici*, yellow spider mite *Eotetranychus carpini,* Pest Kill Rate, biological control.

INTRODUZIONE

La sottoclasse Acari include acari (mites nella letteratura mondiale) e zecche (ticks), e costituisce una parte importante della classe Arachnida. Gli Acari hanno ampissima distribuzione con oltre 55.000 specie note fino ad oggi e con una stima da mezzo milione a un milione di specie ancora da scoprire e caratterizzare (WALTER & PROCTOR, 2013). Gli acari colonizzano con successo tutti gli ambienti, terrestri, marini e d'acqua dolce ed esibiscono dinamiche complesse e una notevole varietà trofica: dalla fitofagia alla zoofagia, con predazione a carico di numerosi piccoli invertebrati, sia altri acari che insetti, e con la parassitosi prevalentemente su vertebrati, fino a risultare micofagi e detritivori (KRANTZ & WALTER, 2009; WALTER & PROCTOR, 2013).

L'interesse per alcune specie che hanno manifestato criticità in ambito agrario e, più nell'insieme, nella filiera alimentare (raccolta, conservazione e distribuzione dei prodotti) si è accresciuto considerevolmente negli ultimi anni anche per conseguenze economiche facilmente comprensibili. Qualunque sia la modalità di dispersione degli gli acari, le minacce più consistenti provengono dalle specie invasive e da quelle già ben note, ma recrudescenti in misura tale da divenire riemergenti, a causa del cambiamento climatico, dei flussi di mobilità delle persone e della globalizzazione del commercio.

Molte specie invasive presenti in Europa sono state introdotte, oltre che per carenza dei necessari controlli, favorite dalla larga commercializzazione, ad esempio, di alberi, colture, piante ornamentali da giardino e animali da compagnia (SIMONI & GRANDI, 2018). Altre specie sono arrivate in modo più accidentale, come "clandestine" in container aerei o marittimi o, addirittura, trasportate su scafi di navi. Tali specie non rappresentano una reale minaccia immediatamente ma lo diventano quando raggiungono habitat particolarmente favorevoli e poveri o privi di competitori o antagonisti (NAVAJAS *et al.,* 2010).

Il MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEO PANEL, 2005) classifica gli acari tra le componenti significative cui attribuire una quota del declino della biodiversità delle specie vegetali, insieme a fattori come la distruzione dell'habitat, i cambiamenti climatici e l'inquinamento. Le specie vegetali autoctone mostrano generalmente resistenza a fitofagi o ad agenti di malattie indigeni, ma spesso sono indifese contro organismi "estranei" che possono determinare un sensibile impatto. Inoltre, animali o insetti tenuti sotto controllo dagli antagonisti nel loro ambiente naturale originale

– Pubblicato marzo 2021

possono riprodursi rapidamente e avere successo in un nuovo ambiente dove non esistono tali equilibri.

Dall'esame delle specie aliene introdotte in Europa risulta che circa i due terzi di queste tra gli acari sono rappresentate da specie della superfamiglia Eriophyoidea e della famiglia Tetranychidae, ben noti come fitofagi obbligati, dove i primi sono tendenzialmente monofagi e i secondi oligo/polifagi su numerose piante di interesse economico (Fig. 1). In modo sempre più diffuso, nella crescente consapevolezza della rilevanza economica degli eriofioidei, sta aumentando la loro importanza come vettori di virus delle piante, come prede alternative per i predatori e in riferimento al loro potenziale impiego come agenti di controllo delle piante infestanti (Sabelis & Bruin, 1996, de Lillo & Skoracka, 2010; Smith *et al.,* 2010).

È da notare come, negli ultimi anni, spesso e inevitabilmente, l'attenzione sia stata rivolta in particolare agli organismi di nuova introduzione con il rischio di relegare ad una importanza minore, rispetto alla reale loro valenza, problematiche dovute agli acari fitofagi che, pure in questi ultimi anni, si sono riproposte e si ripropongono piuttosto frequentemente.

Il presente contributo vuole rimarcare la presenza di alcune situazioni di criticità dovute a tali associazioni e la possibilità di adottare strumenti che possano contribuire ad un più funzionale approccio al controllo di questi organismi. A tale scopo si farà riferimento a: alcuni casi studio che costituiscono esempi di criticità derivanti dal riemergere e dalla persistenza di acari fitofagi in contesti diversi; l'utilizzo di approcci che siano funzionali a limitare le problematiche dovute ai fitofagi e a connotare al meglio il potenziale dei loro antagonisti quali gli acari fitoseidi.

Contesto: associazione o sequenza di infestazione tra eriofide del pomodoro e ragnetto rosso

Il pomodoro offre un esempio attuale in cui si può avere interazione tra il ragnetto rosso comune, il tetranichide *Tetranychus urticae* Koch, e l'acaro bronzeo del pomodoro, l'eriofide *Aculops lycopersici* (Tryon): le due specie possono infestare l'ospite indipendentemente, in associazione o in sequenza (http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/PWMap.aspx). Negli ultimi anni, pur rinvenendosi le due specie spesso associate, una notevole incidenza di danni su pomodoro determinati da *T. urticae* si è riscontrata soprattutto nelle aree di produzione del nord Italia, e del piacentino in particolare, mentre rilevanti infestazioni da *A. lycopersici* sono state riscontrate soprattutto in Italia centro meridionale. Il controllo di questi acari è spesso difficoltoso e richiede l'adozione di strategie più articolate, che devono essere appropriate nel contenere l'insorgenza di resistenze agli acaricidi, soprattutto frequenti nel caso del tetranichide (Van Leeuwen *et al*., 2010).

Quando le due specie si presentano in associazione o sequenza alcuni aspetti sembrano cruciali da affrontare in dettaglio nell'approntare un programma di controllo.

Un elemento fondamentale di qualunque strategia

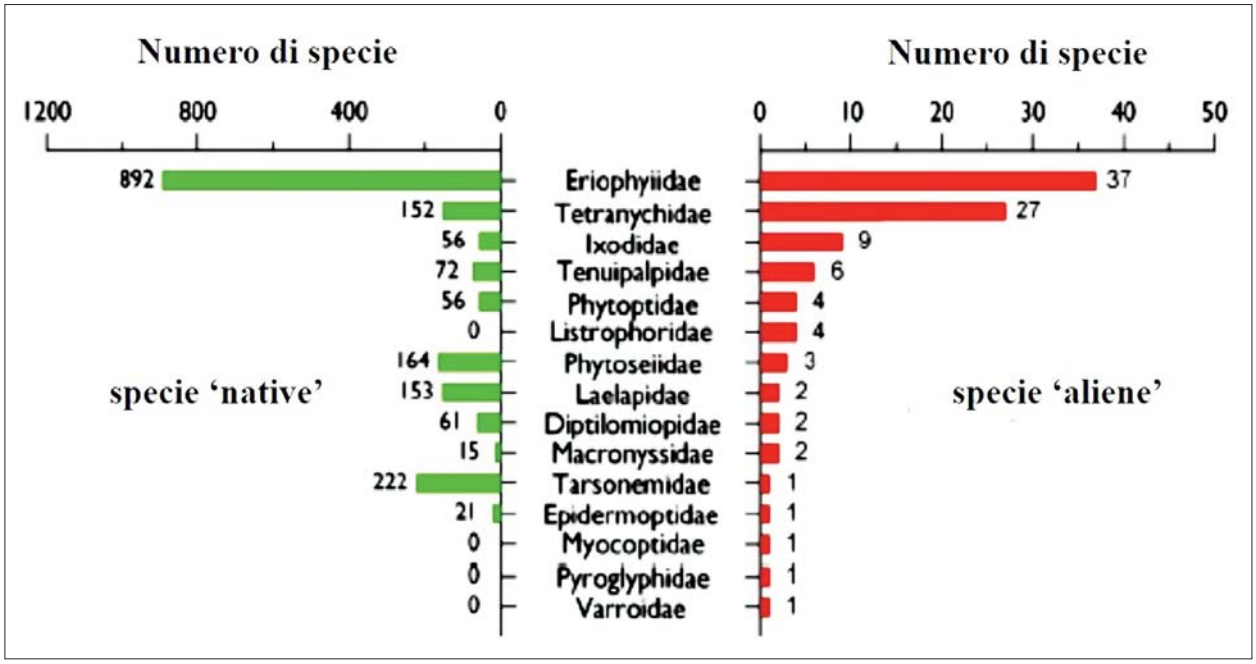

Fig. 1– Incidenza relativa delle famiglie di acari rispetto alla fauna aliena e nativa/autoctona in Europa. Le famiglie vengono presentate secondo ordine decrescente basandosi sul numero di specie aliene. Le specie aliene per l'Europa includono specie criptogeniche. Solo le più importanti famiglie di specie native (>50 spp.) sono state considerate. Il numero in linea con ogni barra indica il numero di specie osservate per quella famiglia (modificato da Navajas *et al.*, 2010).

di controllo è rappresentato dall'attenta valutazione e selezione delle modalità e delle caratteristiche dei campionamenti, tenendo a mente i principi per cui questi siano effettivamente indicativi dello stato di infestazione e siano commisurati alla strategia di controllo da adottare. È assolutamente auspicabile il perseguire l'accuratezza del rilievo: è spesso inefficace, in quanto insufficientemente informativo, un campionamento binomiale o distruttivo o che faccia esclusivamente riferimento alla fenologia del danno con le varie classi di sintomatologia rilevate. Si consideri che il ritorno, seppur spesso più dispendioso in primo acchito, al campionamento sequenziale potrebbe fornire un'informazione più esaustiva (vedi Wilson & Rooms, 1983; Taylor, 1984). Sia a livello mondiale che nazionale si registra sempre più frequentemente la presenza in contemporanea dei due fitofagi o la sequenza abbastanza regolare delle loro infestazioni in una determinata area. Tali situazioni si erano ripetutamente rilevate già una ventina di anni or sono durante uno screening condotto su un centinaio di siti italiani di coltivazione di pomodoro da industria e da mensa, campionati almeno due volte nella stagione (Castagnoli *et al.*, 1998). I tetranichidi tendevano in larga misura a selezionare attivamente piante preinfestate da *A. lycopersici,* mentre non si verificava il contrario, dando corpo a una sorta di "ipotesi di successione" ecologica. Tale successione, registrata frequentemente anche in altre aree di produzione del pomodoro nel mondo, è stata analizzata e valutata dal punto di vista della dinamica biomolecolare-ecologica (Glas *et al.*, 2014). Questa analisi ha evidenziato come le infestazioni da eriofidi modifichino la fisiologia della pianta ospite a favore dei tetranichidi: in particolare, gli eriofidi deprimono i meccanismi di difesa veicolati all'acido jasmonico mentre entrambe le specie possono indurre le difese veicolate dall'acido acetil-salicilico.

La dinamica esposta è un chiaro esempio di come i benefit dei meccanismi di difesa della pianta, messi in atto con efficienza nei confronti di un unico fitofago in azione, possano diminuire in presenza di fitofagi competitor nell'agroecosistema. Tale considerazione unita alla successione regolare di fitofagi, come si verifica su pomodoro, deve essere tenuta presente, considerando campionamenti appropriati e il dato 'storico' della coltura in quell'area, quando si devono porre in essere strategie di controllo fitosanitario di determinati fitofagi o associazioni di acari fitofagi.

Contesto: allergia a tetranichidi, un fenomeno in crescita

Un'altra criticità legata alle sempre più frequenti infestazioni da ragnetto rosso è rappresentata dalla considerazione dell'incremento dell'epidemiologia della sensibilizzazione dovuta agli allergeni di *T. urticae* (Zhou *et al.,* 2018). Vi è stata un'indubbia excalation nella diffusione di tale criticità: inizialmente si riteneva un rischio esclusivamente occupazionale che coinvolgeva solamente gli operatori a stretto contatto con la coltura infestata (Astarita *et al.*, 1996); Kim & Kim (2002) rilevarono un'estensione dell'azione degli allergeni sensibilizzanti anche in soggetti non direttamente a contatto con la coltura e i tetranichidi; in seguito Santos *et al.* (2014) riferivano tale situazione anche in persone senza esposizione occupazionale e che vivevano a chilometri di distanza dalla sorgente di infestazione. Le analisi degli estratti proteici da *T. urticae* hanno evidenziato la presenza di allergeni specie-specifici ma anche di allergeni che possono essere condivisi con gli acari della polvere e, di fatto, essere causa di fenomeni importanti in persone asmatiche, anche non a diretto contatto con aree infestate, ma che vivono in aree limitrofe (Jee *et al.,* 2000)

L'estensione e la dinamica del fenomeno deve essere considerata nel prevedere strategie di intervento opportunamente a tutela degli operatori e di coloro che vivono nei nuclei abitativi prospicienti alle aree infestate. Sicuramente visto l'innalzarsi di persone che manifestano allergie a livello mondiale, e agli acari nello specifico, tale aspetto sarà da attenzionare. Altresì è da valutare il ruolo della tela formata dai tetranichidi: particolare interesse è dedicato a questa componente che, per le sue proprietà idrorepellenti, di resistenza ed elasticità viene vista come un possibile substrato da utilizzare come fibra per molteplici utilizzi. Si tratta tuttavia, anche in questo caso, di considerare come tale struttura possa contemplare la doppia possibilità di 'intrappolare' e mantenere i corpi e le feci, anch'esse allergeniche, dei ragnetti ed essere essa stessa una sorgente di allergeni derivanti dalla sua composizione proteica strutturale intrinseca.

Contesto: 'Random Forest' per una migliore e più tempestiva valutazione del danno da ragnetto giallo su vite

Oltre alle difficoltà accennate, relative al piano e alla tipologia di campionamento, frequentemente, si apprezza una rilevante criticità nel cogliere l'intima associazione e la migliore correlazione possibile tra densità di infestazione di un acaro fitofago e l'intensità dei sintomi espressi sugli organi delle piante. Tale tematica si è evidenziata sovente nell'esperienza di monitoraggio condotto, per più di 15 anni, in aree viticole toscane (Montalcino, Val d'Orcia, Chianti), su diverse cultivar (Sangiovese, Cabernet, Merlot, Sauvignon, Petit Verdot, Vermentino) e finalizzato all'adozione di strategie di controllo del ragnetto

giallo, *Eotetranychus carpini* (Oudemans) (Castagnoli *et al.,* 2009; Simoni *et al*., 2014*;* Simoni *et al.*, 2018). Complessivamente circa 12.000 osservazioni sono state realizzate in vigneti gestiti con strategie di controllo basate su applicazioni chimiche e altri in regime di biologico, in cui l'intensità del sintomo della sintomatologia veniva categorizzata secondo la percentuale di area fogliare interessata (Kondo, 2004). La correlazione del sintomo con la densità di ragnetto giallo è stata studiata ricorrendo a un'applicazione dell'ambito 'Learning Machine', tematica dell'intelligenza artificiale, sviluppata negli ultimi decenni del XX secolo in varie comunità scientifiche sotto diversi nomi (statistica computazionale, reti neurali artificiali, teoria dei sistemi dinamici, etc..), che tratta una serie di algoritmi/metodi statistici tramite i quali nella procedura si predispone l'abilità di apprendere ed inferire in maniera autonoma, senza istruzioni esplicite sulla base di cospicue moli di dati (Tarca *et al.*, 2007). Nel caso in studio si è utilizzato Random Forest (RF) (Breiman, 2001), ritenuto uno degli algoritmi di classificazione più accurati nel quantificare l'importanza di ogni variabile durante l'addestramento del modello: si è quantificato come la variabilità del danno fogliare fosse influenzata dall'abbondanza e dalla struttura delle popolazioni di ragnetto giallo, dalla cultivar di vite, e dallo stato fenologico della pianta.

L'applicazione di questo modello è risultata altamente significativa e ha mostrato un potere predittivo, con una affidabilità superiore all'85%, nel prevedere l'evoluzione dell'infestazione considerando solo i primissimi sintomi e il loro periodo di comparsa rispetto alla fase fenologica della pianta (Fig. 2). Questa analisi ha messo in luce e confermato, per via analitica attraverso la valutazione del dataset completo, alcuni punti fondamentali: la velocità di progressione ed intensità dei sintomi risulta differenziata a seconda sì dello sviluppo fenologico della vite ma anche della varietà del vitigno considerato; le cultivar monitorate hanno diversa suscettibilità; la valutazione degli stadi della popolazione di tetranichidi (immaturi, adulti e uova) risultano le variabili più esplicative nell'interpretazione del danno fogliare e sulla sua possibile evoluzione; il tempo di campionamento si conferma ancor più determinante nello spiegare l'emergenza e la variabilità del danno; la densità di *E. carpini* è, in particolare, altamente correlata ai primi sintomi che compaiono mentre l'estendersi del deterioramento può, frequentemente, essere dovuto al sopraggiungere di alcuni patogeni fogliari che possono sfruttare le lesioni già in essere e colonizzare le foglie ospitanti

Avendo la possibilità di accedere a cospicui dataset afferenti ad ambiti omogenei, si ritiene che la valutazione su lungo periodo utilizzando tali algoritmi possa costituire un passo utile al fine di acquisire, tempestivamente, un'informazione fruibile.

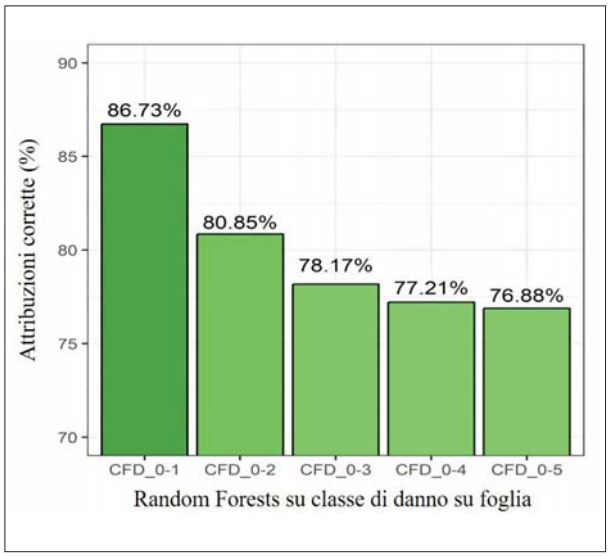

Fig. 2 – Potere predittivo degli algoritmi RF quando si considerano osservazioni riferite a danni fogliari maggiori. Il più alto potere predittivo della RF si ha considerando le classi di danno 0 e 1, le prime a presentarsi: l'86,73% (modificato da Simoni *et al.*, 2018).

Contesto: valutazione del 'Pest Kill Rate' nella caratterizzazione del potenziale biotico degli acari fitoseidi

Per la caratterizzazione dell'impatto di un antagonista/predatore nel controllo di un fitofago, solitamente si pesano i parametri biologici tra i quali il tasso intrinseco di incremento, r_m, che compendia in sé i più importanti dati quali, mortalità degli stadi immaturi, velocita di sviluppo, sex ratio, fertilità (Birch, 1948; Andrewartha & Birch, 1954). Tale parametro è stato ripetutamente adottato per le specie di fitoseidi disponibili sul mercato e per quelle che risultano promettenti al fine di confrontarne la capacità predatoria e l'adattamento ambientale delle diverse specie. Per ridurre i costi di produzione, l'allevamento di massa dei fitoseidi si basa, sempre più frequentemente, sulla somministrazione di prede/fonti alimentari alternative. Questa soluzione adottata per gli allevamenti massali dei predatori comporta la necessità della valutazione del mantenimento della loro efficienza predatoria rispetto alle specie di fitofagi target.

In questo contesto, si è valutato l'utilizzo di un parametro alternativo all'r_m, costituito dal 'Pest Kill Rate', tasso di uccisione della preda (van Lenteren *et al.,* 2019; Tommasini *et al.,* 2004) il quale consente, valutando il numero di prede uccise da un predatore, ad esempio, di accertare il mantenimento dell'efficienza di predazione. Un caso in tal senso è dato da uno studio eseguito sul fitoseide *Neoseiulus californicus* (McGregor). Questa specie presenta caratteristiche proprie degli acari predatori specialisti di tipo II e

degli acari predatori generalisti di tipo III (Castagnoli & Simoni, 2003) ed è considerata un buon antagonista del ragnetto rosso *T. urticae*. A *N. californicus* è stata somministrata una dieta a base di *T. urticae* dopo anni di allevamento massale su fonti alimentari rappresentate da due specie di acari delle derrate, *Glycyphagus domesticus* (De Geer) e *Lepidoglyphus destructor* (Schrank) (Castagnoli *et al.,* 2006), e da polline di *Quercus* sp., (Castagnoli & Liguori, 1994). In tal caso, sono stati determinati, per il fitoseide, la mortalità giovanile e degli adulti, la durata di una generazione, la fecondità giornaliera, il numero di prede consumate al giorno. Il tasso di uccisione (k_m) è stato calcolato sulla base di questi parametri usando, strutturalmente, e risolvendo iterativamente l'equazione di Euler-Lotka (Lotka, 1907; Lotka & Sharpe, 1911) del r_m (Carey, 1993) dove il tasso di fertilità età-specifico (m_x, numero medio di uova deposte dalla femmina adulta di fitoseide consumate da una femmina di fitoseide al tempo x) è stato sostituito con la predazione età-specifica (k_x, numero medio di prede consumate da una femmina di fitoseide adulta al tempo x), durante la fase di adulto dei fitoseidi [vedi equazioni in (a)] (van Lenteren *et al.*, 2019):

$$\sum (e^{-(r_m\, x)}\, l_x m_x) = 1 \longrightarrow \sum (e^{-(k_m\, x)}\, l_x k_x) = 1 \qquad (a)$$

Conseguentemente, è possibile ricavare il numero di individui uccisi durante una generazione del predatore e il tempo medio in cui lo stesso può predare nell'arco di una generazione.

Il calcolo del k_m su *N. californicus* ha portato a concludere che il suo allevamento continuo, per molte generazioni sulla preda alternativa *L. destructor* può ridurre la capacità di predazione del predatore sulla sua preda bersaglio-elettiva, *T. urticae* (Simoni *et al.,* 2020). Tuttavia, considerando l'ampio intervallo di valori r_m per *T. urticae* in condizioni diverse (es. Sabelis, 1985), i valori di k_m stimati erano generalmente superiori ai rispettivi valori r_m calcolati per *T. urticae*, suggerendo che il fitoseide potrebbe comunque uccidere più uova-ninfe-adulti/giorno di quanti i ragnetti possano produrre. Entrambi, *Quercus* sp. polline e l'astigmatide *G. domesticus*, sembrano essere idonei e confermano efficienti opzioni alternative per l'allevamento di massa, in quanto garantiscono un'elevata popolazione di fitoseidi nonché il mantenimento di una buona efficienza predatoria contro *T. urticae* (Simoni *et al.,* 2020) (Tabella 1).

Per meglio caratterizzare il parametro, rimane da valutare: l'eventuale incidenza del consumo da parte dei maschi del fitoseide e dei suoi stadi giovanili; riprendere studi comportamentali per determinare una possibile differenza nello sfruttamento delle prede e nell'assunzione di energia mediante la nutrizione:

Tabella 1 – Tasso netto di consumo (K_0), tempo medio di predazione (T_k), tasso di uccisione di preda (k_m) su T. urticae del fitoseide *N. californicus*, precedentemente allevato su tre cibi alternativi (acari astigmatidi *L. destructor* e *G. domesticus,* polline di leccio).

***N. californicus* precedentemente allevato su**	K_0	T_k	k_m
L. destructor	278.8	23.7	0.373
G. domesticus	284.3	22.1	0.400
Polline di Quercus sp.	285.5	21.4	0.402

alcuni predatori uccidono molte prede senza esaurire completamente la preda, altri 'preferiscono' uccidere più prede, assumendo minime quantità di sostanza da ogni preda.

Conclusioni

Gli esempi sopra riportati consentono alcune considerazioni:

– si ribadisce come sia funzionale il campionamento, il più esaustivo possibile e in modo tempestivo, al fine di cogliere al meglio l'intensità delle azioni delle pest e la dinamica delle loro infestazioni, in associazione e/o successione, come si verifica su pomodoro tra gli acari fitofagi *A. lycopersici,* eriofide del pomodoro e *T. urticae,* ragnetto rosso, anticipando il possibile indebolimento delle difese della pianta e, soprattutto per quanto concerne il ragnetto rosso, lo sviluppo di resistenza che invalida l'utilizzo di acaricidi.

– L'importanza della diffusione sempre più estesa di fenomeni allergenici dovuti a *T.urticae,* in operatori ma anche in persone non strettamente a contatto con il fitofago. La similarità e la possibilità di reazione incrociata tra alcuni allergeni del ragnetto rosso e alcuni di quelli degli acari della polvere, tra i maggiori responsabili di allergie con pesanti implicazioni respiratorie, lascia intuire la criticità di tale situazione.

– Riguardo l'applicazione di processi Learning machine, in questo caso Random Forest: la chance di avere a disposizione un mezzo significativo con il quale esprimere l'intensità e la dinamica dell'associazione tra sintomatologia e densità di infestazione, cogliendone tempestivamente la dinamica. Inoltre tali supporti hanno il vantaggio, rispetto ad altri modelli che dovevano essere validati su lunghi periodi – spesso più anni –, di avere una validazione intrinseca, in tempo reale, del modello stesso.

– Riguardo il possibile utilizzo del tasso di uccisione della preda, k_m,: si ritiene possa costituire una possibilità rilevante rispetto al frequente utilizzo del tasso intrinseco di incremento (r_m) nella caratterizzazione

dei parametri demografici di insetti ed acari di interesse fitosanitario e di protezione delle colture, a partire, ad esempio, da allevamenti massali di interesse commerciale. L'r_m è spesso visto non come indicativo ma come definitivo, ottenuto però in situazioni forzatamente distanti dalla realtà (i.e. condizioni illimitate di cibo, ottimizzazione di parametri ambientali) che possono contribuire a mantenere un gap nella robustezza della valutazione nel passaggio tra le condizioni in laboratorio e quelle in campo. È poi da valutare se, una volta standardizzate le modalità del suo calcolo e definizione, k_m possa costituire un tassello nella problematica della caratterizzazione di predatori e parassitoidi da utilizzare in situazioni che richiedano urgenza di controllo di specie fitofaghe, adottando ad esempio strategie inondative di rilascio dei fitoseidi.

RIASSUNTO

Nel presente contributo si pone l'attenzione su alcuni casi studio che possono rappresentare problematiche attuali dovute ad acari fitofagi in contesti diversi e prospettive riferite a connotare al meglio il potenziale di predatori, quali gli acari fitoseidi, di acari fitofagi.

Ci si riferisce all'associazione o sequenza di infestazione tra l'acaro eriofide del pomodoro *Aculops lycopersici* e ragnetto rosso *Tetranychus urticae* su pomodoro richiamando la rilevanza di campionamenti calibrati e opportuni e la sempre più diffusa allergenicità diffusa nella popolazione dovuta a *T. urticae*.

In riferimento all'utilizzo di 'Random Forest', algoritmo dell'ambito 'Learning machine' nello studio delle infestazioni da ragnetto giallo, *Eotetranychus carpini*, su vite: si propone la considerazione di tale possibilità nel cogliere in modo più tempestivo ed esaustivo le associazioni tra densità di infestazioni e del tetranichide e la sintomatologia espressa sulle foglie/piante.

Si richiama la considerazione di Pest Kill Rate, tasso di uccisione della preda, nella caratterizzazione del potenziale biotico degli acari fitoseidi, sia a livello di costituzione di allevamenti massali sia di efficienza predatoria una volta riposto a contatto con il fitofagio target: ci si riferisce ad un'esperienza sul fitoseide *Neoseiulus californicus* – allevato in modo massale su due specie di acari delle derrate, gli astigmatidi *Glycyphagus domesticus* e *Lepidoglyphus destructor*, e polline di *Quercus* sp. – rivalutato al primo impatto su *T. urticae*.

BIBLIOGRAFIA

Andrewartha H.G., Birch L.C., 1954 – *The Distribution and Abundance of Animals*. - Chicago: University of Chicago Press.

Astarita C., Di Martino P., Scala G., Franzese A., Sproviero S., 1996 – *Contact allergy: Another occupational risk to* Tetranychus urticae. – J. Allergy & Clin. Immunol., 98(4): 732-738.

Birch L.C., 1948 *The intrinsic rate of natural increase of an insect population.* - J. Anim. Ecol. 17: 15-26.

Breiman L., 2001 – *Random forests*. - Mach. Learn., 45: 15-32.

Carey J.R., 1993 – *Applied Demography for Biologists: With Special Emphasis on Insects*. - Oxford University Press, Oxford, 206 pp.

Castagnoli M., Liguori M., Nannelli R., Simoni S., 1998 – *Preliminary survey on mite fauna of tomato in Italy*. - Redia, 81: 45-54.

Castagnoli M., Simoni S., 2003 – Neoseiulus californicus *(McGregor) (Acari Phytoseiidae): survey of biological and behavioural traits of a versatile predator*. - Redia, 86: 153-164.

Castagnoli M., Liguori M., Simoni S., Sabbatini Peverieri G., Goggioli D., Guidi S., Tarchi F., 2009 – Eotetranychus carpini*: biological control experiments in Tuscan vineyards (Italy).* - IOBC/WPRS Bull., 50: 1-7.

Castagnoli, M., Liguori, M., 1994 – *Utilizzazione di polline nell'allevamento massale di* Typhlodromus exhilaratus *Ragusa e* Amblyseius californicus *(McGregor) (Acari: Phytoseiidae).* In: G.Viggiani, MAF, Conv. "Lotta Biologica", Acireale 1991, Ist. Pat. Veg., Roma, pp.139-144.

Castagnoli M., Nannelli R., Tarchi F., Simoni S., 2006 *Screening of astigmatid mites for mass-rearing* Neoseiulus californicus *(McGregor) (Acari: Phytoseiidae).* – Redia, 89: 55-58.

De Lillo E., Skoracka A., 2010 – *What's "cool" on eriophyoid mites?* – Exp. Appl. Acarol., 51(1): 3-30.

Glas J.J., Alba J.M., Simoni S., Villarroel C.A., Stoops M., Schimmel B.C.J., Schuurink R.C., Sabelis M.W., Kant M.R., 2014 – *Defense suppression benefits herbivores that have a monopoly on their feeding site but can backfire within natural communities*. - BMC Biology, 12: art. N. 98.

Jee Y.K., Park H.S., Kim H.Y., Park J.S., Lee K.Y., Kim K.Y., Kim Y.K., Cho S.H., Min K.U., Kim Y.Y., 2000 – *Two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*): an important allergen in asthmatic non-farmers symptomatic in summer and fall months*. - Ann. Allergy Asthma Immunol., 84(5): 543-548.

Kim Y.K., Kim Y.Y., 2002 – *Spider-mite allergy and asthma in fruit growers.* – Curr. Opin. Allergy Cl. Immunol., 2(2):103-107.

Kondo A., 2004 – *Colonizing characteristics of two phytoseiid mites,* Phytoseiulus persimilis *Athias-Henriot and* Neoseiulus womersleyi *(Schicha) (Acari: Phytoseiidae) on green house grapevine and effects of their release on the kanzawa spider mite,* Tetranychus kanzawai *Kishida (Acari: Tetranychidae).* - Appl. Entomol. Zool., 39(4): 643-649.

Krantz G.W., Walter D.E., 2009 – *A Manual of Acarology*. 3rd Edition. Texas Tech University Press, Lubbock: 807 pp.

Lotka A.J., Sharpe F.R., 1911 – *A problem in age distribution.* - Philos. Mag., 6(21): 339-345.

Lotka A.J., 1907 – *Relation between birth rates and death rates.* Science, 26: 21-22.

Millennium Ecosystem Assessment Panel (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press

Navajas M., Migeon A., Estrada-Peña A., Mailleux A.C., Servigne P., Petanović R., 2010 – *Mites and ticks (Acari).* – BioRisk, 4(1): 149-192.

Sabelis M.W., Bruin J., 1996 – *Evolutionary ecology: Life history patterns, food plant choice and dispersal*. In: Eriophyoid mites: their biology, natural enemies, and control,

Lindquist E.E., Sabelis M.W. Ed.; Series World crop pests, 6, pp. 329-366.

Santos N., Iraola V., Plácido J.L., 2014 – Tetranychus urticae *allergy in a population without occupational exposure.* - European Annals of Allergy and Clinical Immunology, 46(4): 137-141.

Simoni S., Gagnarli E., Guidi S., Goggioli D., Tarchi F., Bregaglio S., 2018 – *Assessing uncertainties related to vine damage by* Eotetranychus carpini *via machine learning technique.* - IOBC-WPRS Bulletin, 134: 71-72.

Simoni S., Grandi G., 2018 – Ticks and dust mites: invasive and health-affecting borderline organisms – Capitolo in: Eds. Mazza G., Tricarico E., 'Invasive species and human health' – CABI Book, pp. 49-62.

Simoni S., Tarchi F., Guidi S., Gagnarli E., Goggioli D., Bouneb M., 2014 – *Relazione fra densità di ragnetto giallo e danno registrato in vigneti toscani.* - Atti Giornate Fitopatologiche 2014: 461-466.

Simoni S., Burgio G., Gagnarli E., Tarchi F., Guidi S., Goggioli D., Lanzoni A., 2020 – *Evaluation of pest kill rate of* Neoseiulus californicus *reared on alternative food: is this parameter working for the assessment of its predation efficiency?* - IOBC-WPRS Bull., 149: 34-39.

Smith L., De Lillo E., Amrine J.W., 2010 – *Effectiveness of eriophyid mites for biological control of weedy plants and challenges for future research.* – Exp. Appl. Acarol., 51(1): 115-149.

Tarca A.L., Carey V.J., Chen X.W., Romero R., Drăghici S., 2007 – *Machine Learning and Its Applications to Biology.* - PLoS Comput Biol 3(6): e116. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.0030116

Taylor L.R., 1984 – *Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations*. - Annu. Rev. Entomol, 29: 321-357.

Tommasini M.G., van Lenteren J.C., Burgio G., 2004 – *Biological traits and predation capacity of four* Orius *species on two prey species.* - Bull. Insectology, 57: 79-94.

Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L., 2010 – *Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite* Tetranychus urticae *and other important Acari: a review.* - Insect. Biochem. Mol. Biol., 40(8): 563-572.

van Lenteren J., Bueno V., Burgio G., Lanzoni A., Montes F., Silva D.B., De Jong P.W., Hemerik L., 2019 – *Pest kill rate as aggregate evaluation criterion to rank biological control agents: A case study with Neotropical predators of* Tuta absoluta *on tomato.* - Bull. Entomol. Res., 1-9.

van Lenteren J.C., 2010 – *Ecology: Cool Science, But Does it Help?* Wageningen, Wageningen University.

Walter D.E., Proctor H.C., 2013 Mites: Ecology, evolution & behaviour: Life at a microscale: Second edition. 10.1007/978-94-007-7164-2.

Wilson L.T., Room, 1983 – *Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling.* – Environ. Entomol., 12: 50-54.

Zhou Y., Jia H., Zhou X., Cui Y., Qian J., 2018 – *Epidemiology of spider mite sensitivity: a meta-analysis and systematic review.* – Clin. Transl. Allergy., 8: 21.

112 - Pagina bianca

Seduta pubblica, Firenze 21 febbraio 2020

Tavola Rotonda su:

INSETTI VETTORI DI AGENTI FITOPATOGENI: MECCANISMI ED ECOLOGIA DELLA TRASMISSIONE DI VIRUS E BATTERI

Coordinatore:
Domenico Bosco, Accademico

114 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 115-118

NON-CIRCULATIVE VIRUS TRANSMISSION BY APHIDS: CURRENT KNOWLEDGE ON VIRUS-VECTOR INTERACTIONS

MARILYNE UZEST[a]

[a]*BGPI, INRAE, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ. Montpellier, Montpellier, France.*
Email: marilyne.uzest@inrae.fr
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 21 febbraio 2020.

Non-circulative virus transmission by aphids: current knowledge on virus-vector interactions

Plant viruses cause each year tremendous damages to important crops worldwide, with dramatic consequences on agriculture, food resources and economy. They are mainly propagated from plant to plant by vectors, among which transmission by aphids represents a major mode of dissemination. Aphids transmit hundreds of virus species, sometimes within short probing events they make while to test the plant for suitability. In the so-called non-circulative transmission mode, most virus species are retained onto specific receptors emerging from the inner surface of the cuticle of aphid stylets. Identification of receptors in vector species has long been left aside because of difficulties to work with stylets or extract information from the cuticle. Their characterization is awaited to fully understand non-circulative virus-vector interactions and to develop alternative control strategies based on virus-vector interference. The most recent advances that led to the discovery of an organ involved in virus retention in aphid stylets – the acrostyle – and to the identification of the first receptor of a plant virus in insect mouthparts will be presented.

KEY WORDS: non-circulative virus, transmission, aphid, virus-vector interactions

MODES OF TRANSMISSION OF APHID-BORNE PLANT VIRUSES

Transmission is a key step of plant virus life cycle, ensuring the sustainability and propagation of viruses in the environment. Most plant viruses are transmitted from host to host by insects with piercing-sucking mouthparts. These mouthparts, resembling long flexible needles, seem particularly adapted to ensure efficient uptake of pathogens from contaminated sap or plant cells and their subsequent release into plant tissues. The mechanisms underlying the transmission of plant viruses have long been studied and are now well characterized. These intimate relationships between viruses and their vectors have been classified according to the route of viruses within the vector or to the duration of virus-vector interactions. Circulative virus transmission designates viruses which are internalized within the insect body passing through gut and salivary barriers and which are finally injected together with vector saliva into the receptor plant. These viruses are also categorized as "persistent", vectors being generally able to transmit circulative viruses the rest of their life. By contrast, non-circulative virus (NCV) transmission relies on virus-vector interactions occurring in the vector mouthparts, viruses being retained and released from retention sites located on the cuticle of the foregut (foregut-borne viruses) or the stylets (stylet-borne viruses). These viruses are considered "semi-persistently" or "non-persistently" transmitted, whether they are retained for longer time within the vector before their release (minutes to hours) or during very short time for the second category (seconds to minutes) (see Table 1) (HARRIS, 1977) (KENNEDY *et al*., 1962) (WATSON and ROBERTS, 1939).

NON-CIRCULATIVE VIRUS TRANSMISSION

Non-circulative transmission mode is fast, efficient and particularly difficult to control. Acquisition, retention and inoculation phases last each several seconds to minutes. Most of NCV can be acquired or inoculated within a single puncture in a plant cell. Stylet-borne viruses account for hundreds of virus species and are quasi-exclusively transmitted by aphids (HOGENHOUT *et al*., 2008) (STAFFORD *et al*., 2012). This category includes species in the genera Cucumovirus and Potyvirus, renowned for their impact on important crops worldwide, or Caulimovirus for which receptors in aphid stylets are best characterized (UZEST *et al*., 2007) (UZEST *et al*., 2010) (WEBSTER *et al*., 2018).

– Pubblicato marzo 2021

These viruses can bind to aphid maxillary stylets directly through their capsid or through a viral encoded protein called the helper that interacts with the viral capsid and the receptors and transiently links the two partners (see Table 1 and Fig. 1) (PIRONE and BLANC, 1996).

Deciphering virus-vector interactions at the molecular scale may help defining interfering molecules that would specifically disrupt or impair these interactions, and subsequently reduce virus transport from plant to plant. Viral determinants have been described in details for most agronomic important viruses. Studies of mutants or re-assortants of transmissible and non-transmissible strains helped characterizing the domains or motifs mandatory for efficient transmission by their insect vectors. All these studies highlighted the high specificity of virus-vector interactions. It is exemplified by the fact that changing a single amino acid in the viral partner can totally abolish vector transmission or change the spectrum of transmitting vector species (MORENO *et al.*, 2005) (PERRY *et al.*, 1994). Several high-resolution three-dimensional structures of capsid proteins, whole particles, or viral-associated proteins have been released in the literature (CUESTA *et al.*, 2019) (GUO *et al.*, 2011) (HOH *et al.*, 2010) (SMITH *et al.*, 2000). These structural studies point to key amino acids involved in the integrity of viral particles or involved in receptor binding (PERRY and BRICAULT, 2013). However, detailed atomic structures of entire helper proteins including the receptor binding domains are still lacking for Potyviruses or Caulimoviruses.

TOWARDS THE IDENTIFICATION OF PLANT VIRUS RECEPTORS IN APHID STYLETS USING THE CAULIFLOWER MOSAIC VIRUS (CAMV) AS VIRUS MODEL

Receptors in vector mouthparts represent key molecules to target to negatively impact virus transmission. However, these molecules were totally uncharacterized until recently, mainly due to difficulties of working with insect cuticle. Stylets are cuticular cell-free structure synthesized by specific glands – the retort organs (GUSCHINSKAYA *et al.*, 2020) (PONSEN, 2006). Stylets are composed of entangled chitin fibers and cuticular proteins. The stylet bundle comprises two external mandibular stylets and two internal maxillary stylets, the latest enclosing the food and salivary canals that merge at

Table 1 – Classification of non-circulative viruses.
Non-circulative plant viruses have been classified according to the location of their retention sites in their vector, to the duration of the transmission phases, and/or to the viral determinant involved in virus-vector interactions.

Transmission Mode	Location of retention sites	Duration of Acquisition, Retention and Inoculation phases	Viral determinant involved in virus-vector interaction	Example of virus species (Genus) / vector
Non-circulative	Foregut-borne	Semi-persistent	Capsid	Lettuce infectious Yellows Virus (Crinivirus) / Whiteflies
	Stylet-borne	Semi-persistent	Helper protein	Cauliflower mosaic virus (Caulimovirus) / Aphids
		Non-persistent	Capsid	Cucumber mosaic virus (Cucumovirus) / Aphids
		Non-persistent	Helper protein	Turnip mosaic virus (Potyvirus) / Aphids

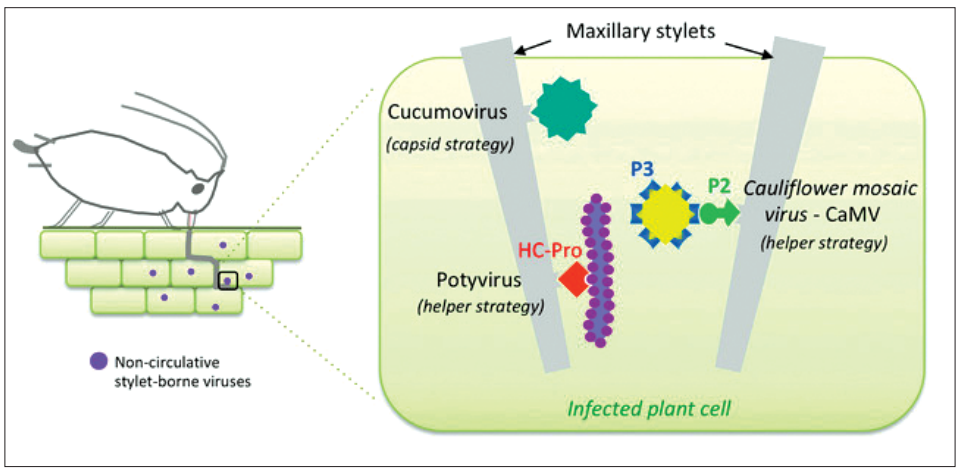

Fig. 1 – Schematic representation of non-circulative virus retention in aphid maxillary stylets. Some plant viruses attach directly to their receptor in aphid stylets (capsid strategy), while others use a viral-encoded protein to ensure their binding (helper strategy).

the tip in a single common canal, and displaying virus receptors at their inner surface. Novel approaches and techniques implemented to identify the receptors of *Cauliflower mosaic virus* (CaMV) have recently revived their thorough characterization.

The CaMV was used as virus model to characterize receptors in aphid stylets. This virus has been classified as semi-persistent. It is transmitted by numerous aphid species according to the helper strategy (Fig. 1), the viral protein P2 being the ligand protein that interacts with the aphid receptor via its N-terminal domain and with the viral associated protein P3 present at the surface of the capsid via its C-terminal domain (Leh *et al.*, 1999) (Moreno *et al.*, 2005). The development of interaction assays between dissected individualized stylets and the viral protein P2 fused to the Green Fluorescent Protein (GFP) directly observable under epifluorescence microscopy (Fig. 2A) was a key step towards the identification of CaMV receptors (Uzest *et al*., 2007). These receptors are exclusively located in the common canal, exposed at the surface of a structure or organ named "acrostyle" (Fig. 2B) (Uzest *et al.*, 2010). This structure appears different from the rest of the cuticle, visible as a thin dark line under transmission electron microscopy (Fig. 2C), and as a swelling of the cuticle under high-resolution scanning electron microscopy (Fig. 2B).

The identification of cuticular proteins (CPs) of aphid stylets by "omics"–based approaches and their immunodetection *in situ* with a library of specific antibodies allowed defining the minimal repertoire of the CPs of the acrostyle. The transcriptome of the retort organs, which represent the most exhaustive repertoire of CPs potentially present in aphid stylets was first established (Guschinskaya *et al.*, 2020). Peptides detected in stylets by proteomics analysis narrow down this list to a few dozens of CPs identified (Deshoux *et al.*, 2020). Finally, nine CPs were specifically detected in the acrostyle, among which five emerge at the surface of the cuticle where they are directly accessible to specific antibodies. These five proteins named Stylins are all receptor candidates (Deshoux *et al.*, 2020).

Complementary *in vitro* competition and *in vivo* silencing experiments designated Sylin-01 as prime receptor candidate of CaMV (Webster *et al.*, 2018). In a first series of experiments, the CaMV helper protein P2 and antibodies targeting the surface-exposed domain of Stylin-01 and Stylin-02 proteins were shown to compete for binding to the acrostyle. In addition, knockdown of Stylin-01 transcripts through oral ingestion of small interfering RNA impacted the ability of the vector species *Myzus persicae* to transmit the virus. The CaMV transmission efficiency was reduced by 40% for Stylin-01 silenced aphids. Stylin-01 is the first cuticular protein shown to play a key role in the transmission of a non-circulative virus. The role of Stylin-01 (or other stylins) in the transmission of other NCV has not yet been evaluated.

Recently, the CRISPR-Cas9 technology was implemented for the first time in the pea aphid *Acyrthosiphon pisum* to edit its genome. Using this editing approach, Stylin-01 knockout mutant lineages were successfully generated (Le Trionnaire *et al.* 2019). This novel tool will help elucidating the role of cuticular proteins in virus transmission. Beyond the role of the acrostyle, such targeted mutagenesis approach will more generally benefit the aphidologist scientific community for functional studies.

Conclusions

Over the past 15 years, complementary approaches developed to identify plant virus receptors in their insect vectors led to the discovery of the acrostyle, a singular organ in aphid stylets located

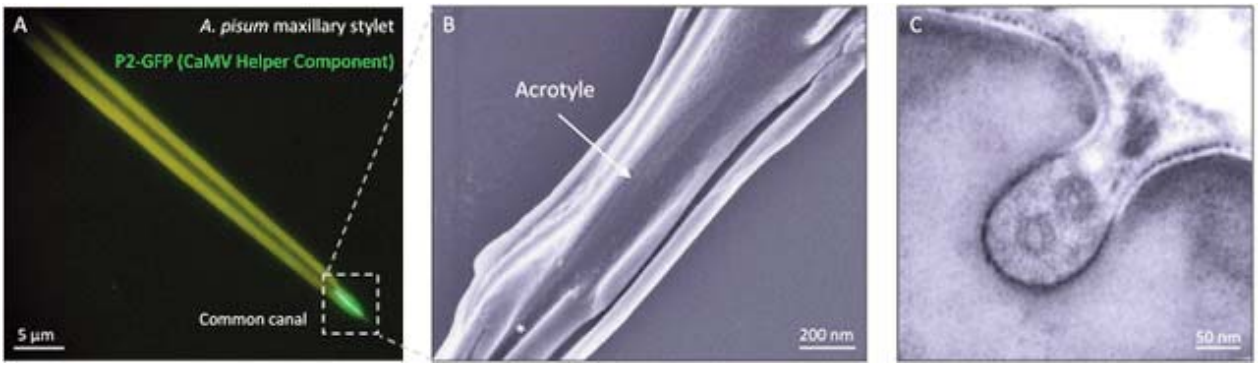

Fig. 2 – The acrostyle in aphid maxillary stylets contains receptors of *Cauliflower mosaic virus* (CaMV). A) The viral ligand P2-CaMV fused to GFP exclusively binds the common canal at the tip of aphid maxillary stylets (observation under epifluorescence microscopy). B) The acrostyle is an organ located in the common canal of maxillary stylet (observed under high-resolution scanning electron microscopy). C) Detail of the acrostyle (thin dark line in the gutter of the tip of maxillary stylet t) with two bound virus particles (CaMV) visualized under transmission electron microscopy. (The approximate location of this cross-section is shown with a white asterisk in B).

at the virus-vector interface. This outcome represents a major progress in this field of research. The acrostyle is partly composed of cuticular proteins, some of which have been diverted from their intrinsic function to ensure CaMV binding during its journey from plant to plant. This unique structure in maxillary stylets likely displays the receptors of distinct non-circulative viruses over its surface. Future research directions should provide molecular details of virus-receptors interaction. They should also bring information on the role of the acrostyle in the aphid feeding process if any. All these data will be the basis to further design blocking molecules that will impair drastically the acrostyle functions. Targeting this organ and its surface-exposed proteins now represents a reachable objective that could lead to the development of alternative control strategies.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank the Academia Nazionale Italiana di Entomologia, and Professor Domenico Bosco and the organizers of the Round Table on Insect vectors of plant pathogens: Mechanisms and ecology of transmission of bacteries and viruses held in Florence in February 2020.

REFERENCES

Bricault C.A., Perry K.L., 2013 - *Alteration of intersubunit acid–base pair interactions at the quasi-threefold axis of symmetry of Cucumber mosaic virus disrupts aphid vector transmission.* - Virology, 440(2), 160–170.

Cuesta R., Yuste-Calvo C., Gil-Carton D., Sanchez F., Ponz F., Valle M, 2019 - *Structure of Turnip Mosaic virus and its viral-like particles*. – Sci. Rep. 2019 Oct 28; 9(1):15396.

Deshoux M., Masson V., Arafah K., Voisin S., Guschinskaya N., Van Munster M., Cayrol B., Webster C.G., Rahbe Y., Blanc S., Bulet P., Uzest M., 2020 - *Cuticular Structure Proteomics in the Pea Aphid* Acyrthosiphon pisum *Reveals New Plant Virus Receptor Candidates at the Tip of Maxillary Stylets*. – J. Proteome Res., 2020 Mar 6; 19(3): 1319-1337.

Guschinskaya N., Ressnikoff D., Arafah K., Voisin S., Bulet P., Uzest M., Rahbe Y., 2020 - *Insect mouthpart transcriptome unveils extension of cuticular protein repertoire and complex organization*. - iScience 2020, 23: 100828.

Harris K.F., 1977 - *An ingestion-egestion hypothesis of non-circulative virus transmission.* In: Aphids as Virus Vectors. K. F. Harris and K. Maramorosch, eds. Academic Press, New York. Pp: 166-208.

Hogenhout S.A., Ammar E.-D., Whitfield A.E., Redinbaugh M.G., 2008 - *Insect Vector Interactions with Persistently Transmitted Viruses*. - Annu. Rev. Phytopathol., 46(1): 327–359.

Hoh F, Uzest M., Drucker M., Plisson-Chastang C., Bron P., Blanc S., Dumas C., 2010 - *Structural insights into the molecular mechanisms of Cauliflower mosaic virus transmission by its insect vector*. - J. Virol., 84: 4706-4713.

Kennedy J.S., Day M.F., Eastop V.F., 1962 - *A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses*. - Commonwealth Institute of Entomology, London.

Leh V., Jacquot E., Geldreich A., Hermann T., Leclerc D., Cerutti M., Yot P., Keller M., Blanc S., 1999 - *Aphid transmission of cauliflower mosaic virus requires the viral PIII protein*. - EMBO J., 18:7077-7085.

Le Trionnaire G., Tanguy S., Hudaverdian S., Gleonnec F., Richard G., Cayrol B., Monsion B., Pichon E., Deshoux M., Webster C.G., Uzest M., Herpin A., Tagu D., 2019 - *An Integrated Protocol for Targeted Mutagenesis With CRISPR-Cas9 System in the Pea Aphid.* - Insect Biochem. Mol. Biol. 2019 Jul,110: 34-44.

Moreno A., Hebrard E., Uzest M., Blanc S., Fereres A., 2005 - *A single amino acid position in the helper component of Cauliflower mosaic virus can change the spectrum of transmitting vector species*. - J. Virol., 79: 13587-13593.

Perry K.L., Zhang L., Shintaku M.H., Palukaitis P., 1994 - *Mapping determinants in cucumber mosaic virus for transmission by* Aphis gossypii. – Virology, 205: 591-595.

Pirone T.P., Blanc S., 1996 - *Helper-dependent vector transmission of plant viruses*. - Annu. Rev. Phytopathol., 34: 227-247.

Ponsen M. B., 2006 - *A histological description of the alimentary tract and related organs of Adelgidae (Homoptera, Aphidoidea)*. - Wageningen Agricultural University, Papers:103p.

Smith T.J., Chase E., Schmidt T., Perry K.L., 2000 - *The structure of cucumber mosaic virus and comparison to cowpea chlorotic mottle virus.* - J. Virol., 74: 7578-7586.

Stafford C.A., Walker G.P., Ullman D.E., 2012 - *Hitching a ride.* Communicative & Integrative Biology, 5: 43-49.

Uzest M., Gargani D., Drucker M., Hebrard E., Garzo E., Candresse T., Fereres A., Blanc S., 2007 - *A protein key to plant virus transmission at the tip of the insect vector stylet*. - Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 104: 17959-17964.

Uzest M., Gargani D., Dombrovsky A., Cazevieille C., Cot D. Blanc S., 2010 - *The "acrostyle": A newly described anatomical structure in aphid stylets*.- Arthropod Struct. Dev., 39: 221-229.

Watson M.A., Roberts F.M., 1939 - *A comparative study of the transmission of hyocyamus virus 3, potato virus Y and cucumber virus by the vector* Myzus persicae (Sulz), M. circumflexus (Buckton) *and* Macrosiphum gei (Koch). - Proc. R. Soc. London, Ser. B, 127: 543-576.

Webster C.G., Pichon E., Van Munster M., Monsion B., Deshoux M., Gargani D., Calevro F., Jimenez J., Moreno A., Krenz B., Thompson J.R., Perry K.L., Fereres A., Blanc S., Uzest M., 2018 - *Identification of Plant Virus Receptor Candidates in the Stylets of Their Aphid Vectors*. - J. Virol., 92(14): e00432-18.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 119-128

FITOPLASMI E CICADELLIDI VETTORI: INTERAZIONI MOLECOLARI E SPECIFICITÀ DI TRASMISSIONE

LUCIANA GALETTO[a]

[a]*Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, CNR, Strada delle Cacce 73, 10135 Torino, Italy.*
Email: luciana.galetto@ipsp.cnr.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 21 febbraio 2020.

Phytoplasmas and leafhopper vectors: molecular interactions and transmission specificity

Insect-borne plant pathogens are viruses, bacteria and mollicutes (spiroplasmas and phytoplasmas) as well as some fungi. Vectors of these pathogens are mainly pierce-sucking insects (orders Hemiptera and Thysanoptera) and some species of Coleoptera. Phytoplasmas are wall-less bacteria, inhabiting phloem elements of infected plants. They cause hundreds of plant diseases with huge economic losses. Phytoplasmas are transmitted in a persistent propagative manner by some species of phloem-sucker hemipteran insects, largely belonging to *Deltocephalinae* subfamily. The control of phytoplasma diseases is based on containment of vector populations, mainly through spraying of insecticides. Here, the molecular recognitions between pathogen and vector are explored. These mechanisms allow the overcoming of the two main barriers encountered by phytoplasma cells during the colonization of the vector body: penetration of the gut epithelium and entry into the salivary glands. In particular, we focused on studies on the onion yellows (OY) and chrysanthemum yellows (CY) strains of '*Candidatus* Phytoplasma asteris' and on the grapevine Flavescence dorée (FD) phytoplasma. Phytoplasma membrane proteins are in direct contact with host cells and are the molecular partners mainly involved in the interaction with vectors. The immunodominant membrane proteins (Amp and Imp) and the variable membrane protein (VmpA) are the main protagonists of these relationships with different species of leafhopper vectors. The activation of the immune response in the insect following phytoplasma infection is also briefly treated. A gap of knowledge on pathogen/vector relationships still remains and needs to be filled, especially to develop new and more sustainable control tools to cope with phytoplasma diseases.

KEY WORDS: Hemiptera: Cicadellidae, insect vector, '*Candidatus* Phytoplasma asteris', Flavescence dorée phytoplasma, host-pathogen recognition

INTRODUZIONE

Le malattie delle piante trasmesse da insetti vettori hanno un significativo impatto ecologico ed economico che influisce sulla redditività del settore agricolo e sulla composizione vegetale selvatica a livello mondiale (HUANG *et al*., 2020). L'epidemiologia dei patogeni vegetali trasmessi da insetti, tra cui si annoverano virus, batteri e mollicuti (fitoplasmi e spiroplasmi) e in misura minore alcuni funghi, dipende in larga misura dall'abbondanza e dal comportamento dei loro vettori. In particolare, la dinamica di popolazione, la dispersione, il comportamento di selezione dell'ospite e il comportamento di alimentazione degli insetti vettori rivestono un ruolo cruciale nella diffusione dei patogeni da essi trasmessi (EIGENBRODE *et al*., 2018). I vettori di agenti fitopatogeni sono rappresentati in massima parte da insetti con apparato boccale pungente-succhiante appartenenti agli ordini degli emitteri e dei tisanotteri; alcuni coleotteri dotati di apparato boccale masticatore sono in grado di trasmettere virus fitopatogeni, mediante il comportamento trofico del rigurgito (BOSCO, 2014).

Restringendo il campo ai mollicuti e ancor più nello specifico focalizzandosi sui fitoplasmi, è interessante notare come gli unici vettori conosciuti di questi procarioti siano insetti emitteri appartenenti ai subordini Auchenorrhyncha (Fulgoromorpha e Cicadomorpha) e Sternorrhyncha (famiglia Psyllidae) (WEINTRAUB and BEANLAND, 2006; TRIVELLONE, 2019). Inoltre, la distribuzione delle specie di auchenorrinchi in grado di trasmettere fitoplasmi non è per nulla omogenea tra i diversi gruppi filetici, dal momento che oltre il 75% di tutte le specie di vettori si trova nella sottofamiglia dei deltocefalini. I fitoplasmi sono procarioti privi di parete cellulare appartenente alla classe Mollicutes e presentano un genoma di piccole dimensioni (530-2220 kb) (MARCONE, 2014). Essi sono parassiti obbligati, risiedono nel tessuto floematico delle piante infette e sono trasmessi da pianta a pianta da insetti vettori floemomizzi, appartenenti, come detto, all'ordine Hemiptera. I fitoplasmi sono gli agenti eziologici di centinaia di malattie delle piante in tutto il mondo e causano gravissimi e ingenti danni ad una innumerevole varietà di specie vegetali, sia coltivate che selvatiche (FOISSAC and WILSON, 2010). La sintomatologia indotta dalle infezioni di fitoplasmi include manifestazioni evidenti a carico della parte aerea, come ingiallimenti

– Pubblicato marzo 2021

e arrossamenti fogliari e fillodia, e a carico della struttura dell'intera pianta, come nanismo e scopazzi, e spesso conduce alla morte delle piante colpite. La classificazione tassonomica si basa su tecniche molecolari e sfrutta l'analisi filogenetica *in primis* del gene codificante per la subunità 16S dell'RNA ribosomale, al quale si affiancano diversi altri geni utilizzati per la differenziazione più fine dei diversi ceppi di fitoplasmi (IRPCM, 2004; Marcone, 2014). Attualmente, 33 gruppi e oltre 120 sottogruppi sono stati riconosciuti sulla base dei tratti genetici del 16Sr e a 44 taxa è stato assegnato lo status tassonomico provvisorio di '*Candidatus*', che denota batteri per cui la coltivazione in purezza non è ancora verificata (Miyazaki *et al*., 2018).

I fitoplasmi sono trasmessi in maniera persistente propagativa nell'ambito di specifiche e limitate combinazioni di patogeno/specie di insetto vettore/pianta ospite. Il fitoplasma, una volta acquisito dall'insetto durante una nutrizione su pianta infetta, deve superare due barriere principali nel suo percorso all'interno del corpo del vettore: il primo ostacolo è rappresentato dal passaggio attraverso l'epitelio intestinale, che permette il raggiungimento dell'emolinfa, mentre la seconda barriera consta nella colonizzazione delle ghiandole salivari, per raggiungere la saliva e permettere la successiva introduzione nel floema di un'altra pianta, concludendo il meccanismo di trasmissione. Il tempo di latenza necessario ad una determinata specie di insetto vettore per diventare infettivo e trasmettere il fitoplasma acquisito può variare da specie a specie (Bosco *et al*., 2007), ma in linea generale l'intero processo di trasmissione necessita di all'incirca 3-5 settimane. A titolo di esempio, una recente analisi spazio-temporale molto dettagliata della colonizzazione della cicalina vettrice *Macrosteles striifrons* da parte di un ceppo del '*Ca.* P. asteris' ha indicato che sono necessari sette giorni per il passaggio dell'epitelio intestinale e da 21 a 28 giorni per la completa colonizzazione delle ghiandole salivari (Koinuma *et al*., 2020).

Tenendo in considerazione la specificità dei fitoplasmi per il tessuto floematico, la nutrizione floematica delle specie di insetti potenzialmente in grado di trasmetterli è ovviamente una condizione necessaria, ma tuttavia non sufficiente per la loro trasmissione. A dimostrazione di ciò, è interessante rimarcare il fatto che i vettori di fitoplasmi si collocano in una cerchia molto ristretta rispetto al restante gran numero di insetti floemomizi, quali afidi, aleurodidi, coccidi e pseudococcidi, che non includono alcuna specie in grado di trasmettere fitoplasmi. Quali altri fattori determinano la specificità di trasmissione? Il tentativo di dare risposta a tale quesito è il presupposto alla base dei lavori che saranno qui di seguito trattati. Diversi studi indicano infatti che siano alcuni meccanismi di riconoscimento molecolare a regolare la capacità vettoriale di determinate specie di insetti floemomizi, soprattutto per il superamento delle barriere intestinale e delle ghiandole salivari.

Patosistemi oggetto di studio

Saranno qui approfonditi in particolare il '*Ca*. P. asteris' e il fitoplasma della Flavescenza dorata della vite con specifico riferimento alle interazioni molecolari tra i patogeni e i loro cicadellidi vettori (Fig. 1). Tale

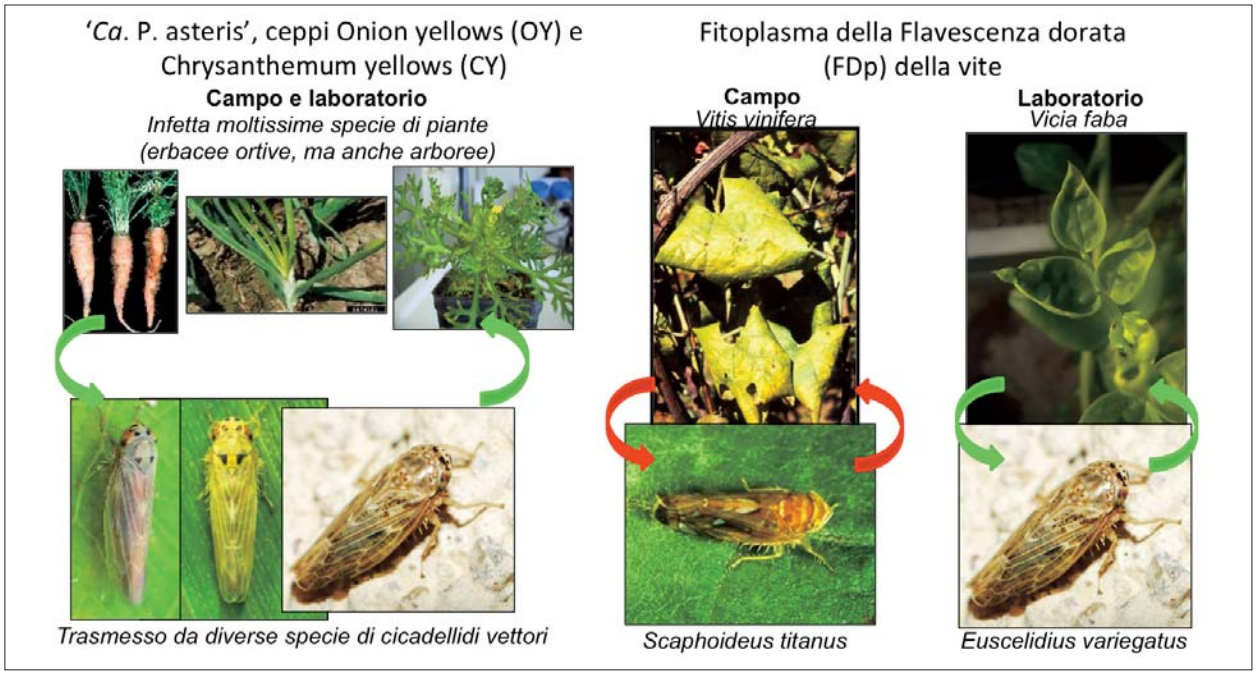

Fig. 1 – Rappresentazione schematica dei patosistemi oggetto di studio.

scelta è stata dettata dal fatto che questi patosistemi sono tra quelli più largamente studiati in termini di interazioni fitoplasma/insetto e altresì considerando l'elevato impatto che le malattie associate a questi patogeni hanno sul settore agricolo a livello europeo e mondiale.

Il '*Ca*. P. asteris' include isolati associati a oltre 100 malattie delle piante economicamente rilevanti in tutto il mondo ed è il più diversificato e diffuso gruppo di fitoplasmi (Lee *et al*., 2004). I ceppi afferenti al '*Ca*. P. asteris' maggiormente studiati per quanto riguarda le interazioni con gli insetti vettori sono i fitoplasmi associati all'onion yellows (OYp) e al chrysanthemum yellows (CYp), entrambi appartenenti al sottogruppo ribosomale 16SrI-B. Il ceppo OYp è stato isolato da piante di cipolla raccolte nella prefettura di Saga, Giappone (Shiomi *et al.*, 1996) e poi mantenuto in crisantemo (*Chrysanthemum coronarium*) tramite cicli di trasmissione successivi con l'insetto vettore *M. striifrons* (Oshima *et al*., 2001). L'isolato OYp è stato il primo fitoplasma di cui sia stato interamente sequenziato il genoma (Oshima *et al*., 2004) ed è stato sfruttato come organismo modello per ottenere molte delle conoscenze di base fin qui raggiunte sul meccanismo di patogenesi dei fitoplasmi. In particolare, si pensi agli studi su: effettori del patogeno che mediano il processo infettivo (Hoshi *et al*., 2009; Iwabuchi *et al*., 2019), meccanismi di regolazione dell'host-switching tra pianta e insetto e caratterizzazione dei fattori di trascrizione (Oshima *et al*., 2011; Ishii *et al*., 2013; Miura *et al*., 2015; Nijo *et al*., 2017), effetto mediato da elementi extracromosomali (plasmidi) del patogeno nel determinarne la trasmissibilità (Ishii *et al.*, 2009). L'isolato CYp è associato a una malattia di piante ornamentali nell'Italia nordoccidentale (Conti *et al*., 1988). Le cicaline *Euscelidius variegatus*, *Macrosteles quadripunctulatus* ed *Euscelis incisus* sono vettori efficienti di CYp, sia in condizioni di campo sia di laboratorio (Conti *et al*., 1988; Bosco *et al*., 2007). Analogamente al ceppo OYp, l'isolato CYp è stato utilizzato come organismo modello per alcuni studi di base delle fitoplasmosi, quali ad esempio la traslocazione del patogeno in pianta (Saracco *et al.*, 2006), la risposta della pianta al trattamento con elicitori di resistenza per prevenire e contrastare l'infezione (D'Amelio *et al*., 2010, 2011), e infine alcune interazioni biologiche tra fitoplasma e vettore (Palermo *et al*., 2001; D'Amelio *et al*., 2008).

La Flavescenza dorata (FD) è una malattia della vite con un impatto economicamente molto rilevante sulla viticultura Europea, causata da un fitoplasma, classificato come patogeno da quarantena (EFSA PLH *et al*., 2014, 2016). I fitoplasmi associati alla FD appartengono ai sottogruppi tassonomici 16SrV-C e -D, inclusi nella specie proposta '*Ca*. P. vitis' ancora formalmente non descritta (IRPCM, 2004). *Scaphoideus titanus* è il principale vettore responsabile della trasmissione di FD in vigneto, anche se sono stati documentati cicli epidemiologici alternativi a carico di altri vettori, che hanno però un impatto decisamente minore rispetto alla diffusione della malattia in campo (Malembic-Maher *et al*., 2020). Le principali strategie preventive per il controllo della malattia sono i trattamenti insetticidi obbligatori contro *S. titanus* nonché la rimozione di viti infette e la loro sostituzione con piante sane (EFSA PLH *et al*., 2016). C'è quindi un'urgente necessità di nuovi e più sostenibili strumenti di controllo per far fronte alla malattia. A tal fine, le lacune di conoscenza sui meccanismi sfruttati dai fitoplasmi per colonizzare i vettori devono essere colmate. È stato quindi messo a punto e sfruttato un modello di laboratorio per mantenere il ciclo di infezione da FDp in condizioni controllate che utilizza la piante erbacea *Vicia faba* come ospite vegetale e la cicalina polivoltina *E. variegatus* come vettore di laboratorio (Caudwell *et al.*, 1972) (Fig. 1), superando così le difficoltà nel lavorare con un ospite arboreo pluriennale (*Vitis vinifera*) e un vettore monovoltino e monofago (*S. titanus*), che rappresentano invece il patosistema in campo.

Proteine di membrana dei fitoplasmi

I fitoplasmi non presentano parete cellulare e le proteine di membrana sono a diretto contatto con le cellule di insetti vettori e piante ospiti. Le proteine più abbondanti sulla superficie cellulare di questi patogeni vegetali sono le proteine immunodominanti di membrana, una tra le classi proteiche più studiate e caratterizzate in diversi isolati di fitoplasmi (Kakizawa *et al*., 2006a; Konnerth *et al*., 2016). Anche altre famiglie di proteine di membrana, come proteine variabili di membrana (Vmps), adesine, AAA + ATPasi e diversi trasportatori, sono state tuttavia identificate come partners molecolari di interazione con gli ospiti, coinvolte nell'adattamento dei patogeni a diversi ambienti e come utili marcatori molecolari per la genotipizzazione dei ceppi (Rossi *et al.*, 2019).

La Fig. 2 rappresenta schematicamente le tre proteine di membrana di fitoplasma che verranno qui maggiormente descritte per la loro capacità di interazione con i cicadellidi vettori, vale a dire le proteine Amp (Antigenic Membrane Protein), Imp (Immunodominant Membrane Protein), e VmpA (Variable Membrane Protein A). La Tabella 1 riassume schematicamente le principali conoscenze finora ottenute su tali proteine, in termini di interazione con gli ospiti.

Le proteine Amp e Imp appartengono alla classe delle proteine immunodominanti di membrana (IDP), nella quale se ne annovera anche una terza non omo-

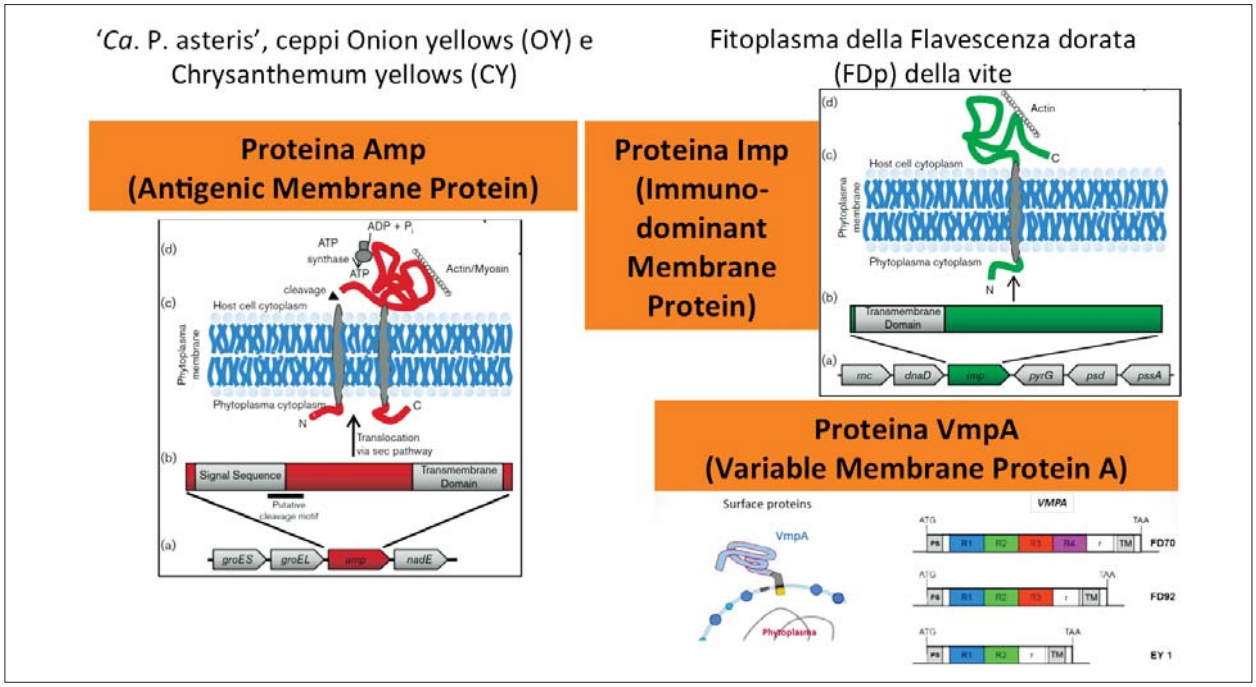

Fig. 2 – Rappresentazione schematica dei partner molecolari oggetto di studio.

loga, IdpA (Immunodominant membrane protein A). Questa classe proteica è tra le più altamente rappresentate sulla membrana dei fitoplasmi e presenta spiccate caratteristiche antigeniche. I tre tipi di IDP identificati nei fitoplasmi condividono una regione idrofila centrale, con un orientamento extracellulare, e uno o due domini transmembrana; l'organizzazione complessiva dei diversi domini tuttavia non è conservata, poiché in Imp è presente solo un dominio transmembrana N-terminale, mentre IdpA e Amp ne hanno due rispettivamente all'N- e al C-terminale (Konnerth *et al*., 2016) (Fig. 2). Il dominio transmembrana N-terminale di Amp inoltre viene staccato dal resto della catena polipeptidica dopo l'inserimento della proteina nella membrana plasmatica (Fig. 2). I geni codificanti per le tre proteine Amp, Imp e IdpA sono variamente rappresentate nei genomi dei diversi fitoplasmi: la proteina Amp si trova in '*Ca.* P. solani', e in diversi isolati del '*Ca*. P. asteris'; IdpA è presente in '*Ca*. P. pruni'; Imp si trova in '*Ca*. P. asteris', '*Ca*. P. mali', '*Ca.* P. prunorum', '*Ca.* P. pyri', nel fitoplasma associato a FD e in diversi isolati del '*Ca*. P. aurantifolia' (Rossi *et al*., 2019). In alcuni casi lo stesso fitoplasma può possedere differenti geni che codificano per diverse IDP, uno dei quali è però generalmente più espresso, come nel caso di '*Ca*. P. asteris', che oltre ad *amp* esprime in misura minore anche *imp* (Kakizawa *et al*., 2009). Le sequenze geniche codificanti per IDP sono altamente variabili tra ceppi di fitoplasmi strettamente correlati filogeneticamente, anche all'interno dello stesso gruppo ribosomale (Morton *et al*., 2003; Galetto *et al*., 2008; Neriya *et al.*, 2011; Siampour *et al*., 2013) e questa variabilità è maggiore rispetto a quella registrata per altri geni metabolici adiacenti o per sequenze non codificanti. A carico dei geni *amp* e *imp* è stata infatti dimostrata una forte pressione selettiva (Kakizawa *et al.*, 2006b, 2009; Fabre *et al*., 2011; Siampour *et al*., 2013), indicando un possibile ruolo di entrambe queste proteine nell'adattamento evolutivo dei fitoplasmi.

I geni di fitoplasmi che codificano per le proteine di membrana note come VmpA, VmpB e Vmp1 mostrano somiglianza con le proteine variabili di superficie dei micoplasmi animali. In linea generale, una proteina Vmp possiede una sequenza segnale per traslocazione in membrana all'N-terminale, ampie sequenze ripetute nella zona centrale e un dominio transmembrana al C-terminale (Fig. 2). Questa organizzazione è condivisa con alcune proteine di superficie batteriche come le adesine (Renaudin *et al*., 2015). Tra i fitoplasmi, i geni *vmp* sono stati studiati per la prima volta in '*Ca.* P. solani' (Cimerman *et al*., 2009) e nel fitoplasma associato a FD (Renaudin *et al*., 2015). In '*Ca*. P. solani' è stato rivelato che il gene *vmp*1 che codifica per una proteina di circa 500 amminoacidi nella regione *uvr*A-*vmp*1-*lig*, potrebbe avere diversi omologhi di sequenza nello stesso genoma (Cimerman *et al*., 2009). Più nel dettaglio, il gene *vmp*1 ha dimensioni sorprendentemente variabili, con domini ripetuti da 80 a 84 amminoacidi nelle forme più grandi del gene e variazioni nelle ripetizioni di 11 paia di basi che portano alla distruzione del gene in alcuni dei ceppi. Pertanto il gene *vmp*1, è ampiamente utilizzato come marker di diversità e discriminante per l'epidemiologia molecolare di '*Ca*. P. solani' (Cimerman *et al*., 2009).

Tabella 1 – Attuali conoscenze sulle interazioni tra proteine di membrana di fitoplasmi e insetti vettori.

Denominazione proteine di membrana di fitoplasma	*'Candidatus* Phytoplasma species'	Isolato di fitoplasma	Breve descrizione dell'interazione	Riferimenti bibliografici salienti
Amp	'*Ca*. P. asteris'	OYp	Amp interagisce specificamente *in vitro* con l'actina e la miosina dei vettori e si co-localizza con i microfilamenti di actina nei tessuti intestinali di insetti infetti.	Suzuki *et al*., 2006
		CYp	Amp interagisce specificamente *in vitro* con actina e subunità alfa e beta dell'ATP sintasi dei vettori. Nei vettori ATP sintasi beta è espressa oltre che nei mitocondri anche sulla superficie dell'epitelio intestinale e sula membrana plasmatica delle cellule delle ghiandole salivare.	Galetto *et al*., 2011
			La moltiplicazione dei fitoplasmi è rallentata negli insetti in cui viene silenziato il gene dell'ATP sintasi beta.	Galetto *et al*., 2021
			Amp è coinvolta *in vivo* nell'attraversamento dell'epitelio intestinale del vettore da parte del fitoplasma e nella colonizzazione delle ghiandole salivari.	Rashidi *et al*., 2015
Imp	Flavescence dorée	FDp	Imp interagisce specificamente *in vitro* con estratti proteici delle specie vettrici, in particolare con la porzione di proteine di membrana ottenuta da intestini di insetti vettori.	Trivellone *et al*., 2019
	'*Ca*. P. aurantifolia'	WBDLp	Imp interagisce specificamente *in vitro* con estratti proteici delle specie vettrici.	Siampour *et al*., 2011
VmpA	Flavescence dorée	FDp	VmpA si lega alla membrana perimicrovillare dell'intestino dei vettori e promuove l'adesione del patogeno alle cellule del vettore.	Arricau-Beauvery *et al*., 2018
			Le varianti geniche di VmpA determinano la capacità di trasmissione di diversi isolati del patogeno da parte di varie specie di vettori.	Malembic-Maher *et al*., 2020

Interazioni tra Amp di '*Ca.* P. asteris' e cicadellidi vettori

Il ruolo di Amp nell'interazione con gli insetti vettori è stato studiato nei ceppi OYp e CYp (Suzuki *et al.*, 2006; Galetto *et al.*, 2011; Rashidi *et al*., 2015). Nel caso di OYp la formazione di un complesso tra Amp e microfilamenti di actina di insetto è stata correlata con la capacità di trasmissione del fitoplasma da parte delle cicaline vettrici (*M. striifrons*, *Hishimonus sellatus* e *Hishimonoides sellatiformis*), suggerendo che l'interazione tra Amp e il citoscheletro delle cellule ospiti abbia un ruolo cruciale nella trasmissibilità del fitoplasma (Suzuki *et al*., 2006). Oltre all'actina, anche le catene pesanti e leggere della miosina d'insetto hanno dimostrato di interagire *in vitro* con Amp di OYp, confermando che il citoscheletro del vettore è coinvolto nella mediazione della relazione con le cellule batteriche (Suzuki *et al*., 2006).

Sfruttando tecniche d'interazione proteica *in vitro* è stato possibile dimostrare la presenza di uno specifico legame tra Amp di CYp e alcune proteine di diverse specie vettrici (*E. variegatus*, *M. quadripunctulatus*, *S. titanus* ed *Empoasca decipiens*), tra cui actina e subunità alfa e beta dell'ATP sintasi (Galetto *et al*., 2011). Inoltre, è stato dimostrato che la subunità beta dell'ATP sintasi è presente oltre che, come atteso, nei mitocondri anche sulla superficie esterna microvillare delle cellule epiteliali intestinali e sulla membrana plasmatica delle cellule delle ghiandole salivari di *E. variegatus*, entrambi organi cruciali per il processo di infezione (Galetto *et al*., 2011). Recentemente si è poi osservato come esemplari di *E. variegatus*, in cui era stato silenziato il gene codificante per la subunità

beta dell'ATP sintasi, presentavano un tasso di moltiplicazione di fitoplasmi significativamente inferiore rispetto a quello registrato negli insetti di controllo, dando prova anche *in vivo* del coinvolgimento di questa proteina nel mediare il processo di infezione nell'insetto (Galetto *et al*., 2021). È interessante notare come anche in altri patosistemi l'ATP sintasi beta abbia la funzione di recettore di patogeni (Liang *et al*., 2010, 2015) e sia coinvolta nell'adesione e nell'ingresso di particelle virali nelle cellule di artropodi ospiti (Fongsaran *et al.*, 2014). Va inoltre sottolineato che i fitoplasmi difettano di geni funzionali per la produzione di ATP (Oshima *et al*., 2004). L'interazione Amp / ATP sintasi potrebbe combinare il riconoscimento specifico del patogeno e lo sfruttamento dell'energia metabolica dell'ospite durante il processo di colonizzazione. L'aumento del metabolismo energetico degli insetti indotto in *E. variegatus* dall'infezione con CYp (Galetto *et al*., 2018) potrebbe rientrare nel quadro dello sfruttamento da parte del fitoplasma dell'energia potenziale dell'ospite.

Il ruolo della proteina Amp di CYp nel mediare il superamento delle due barriere principali alla colonizzazione del vettore è stato dimostrato anche *in vivo* in maniera indiretta (Rashidi *et al*., 2015). Mascherando la proteina Amp nativa sulle cellule del fitoplasma con uno specifico anticorpo anti-Amp, sono state infatti registrate riduzioni significative dell'efficienza di acquisizione e trasmissione del fitoplasma sia in *E. variegatus* che in *M. quadripunctulatus*. È stata inoltre verificata la co-localizzazione a livello intestinale dell'anticorpo anti-Amp e delle cellule di fitoplasma durante le prime fasi della colonizzazione dell'epitelio intestinale. Un saggio di internalizzazione del fitoplasma nelle ghiandole salivari, ottimizzato per osservare le prime fasi della colonizzazione di tale organo, ha mostrato una ridotta presenza di cellule CYp quando la proteina Amp nativa era mascherata dal suo anticorpo specifico (Rashidi *et al*., 2015).

Interazioni tra Imp di FDp e cicadellidi vettori

La proteina Imp di FDp, espressa come proteina di fusione e utilizzata per la produzione di un anticorpo specifico, interagisce *in vitro* in maniera selettiva con le proteine totali e di membrana di insetti vettori (*S. titanus* ed *E. variegatus*) (Trivellone *et al.*, 2019). Tale interazione si è rivelata particolarmente specifica nel caso di estratti proteici ottenuti da intestini dissezionati da esemplari delle due specie vettrici. Si è inoltre osservata una sorta di gradiente di interazione, correlato alla capacità vettoriale delle sei specie di insetto in studio, dal momento che i segnali di interazione maggiormente evidenti erano quelli generati dalle specie in grado di trasmettere il patogeno con maggior efficienza (Trivellone *et al*., 2019). È interessante notare come simili risultati preliminari siano stati ottenuti anche con la proteina Imp di '*Ca.* P. aurantifolia', agente eziologico del witches' broom disease of lime (WBDL). In saggi di interazione *in vitro* infatti, una proteina Imp ricombinante (Siampour *et al*., 2013) ha interagito specificamente con estratti di insetti vettori, ma non con proteine di specie non vettrici, suggerendo anche per Imp un ruolo nel determinare la trasmissibilità degli insetti (Siampour *et al.*, 2011).

Interazioni tra VmpA di FDp e cicadellidi vettori

Al fine di determinare il ruolo della VmpA di FDp nell'interazione con gli ospiti e per superare la difficoltà della coltivazione dei fitoplasmi, è stata ingegnerizzata una linea mutante di *Spiroplasma citri*, un mollicute fitopatogeno coltivabile, per esprimere VmpA sulla membrana plasmatica (Renaudin *et al*., 2015). È stato poi osservato come sia le cellule mutanti di *S. citri* che esprimono VmpA di FDp sulla loro superficie sia micro-biglie sintetiche rivestite con VmpA ricombinante aderiscono in modo specifico a colture cellulari di *E. variegatus*, dimostrando per questa proteina un ruolo nel processo di adesione del patogeno alle cellule d'insetto (Arricau-Bouvery *et al*., 2018). Inoltre, è stata confermata l'espressione di VmpA sia nell'intestino medio che nelle ghiandole salivari di insetti naturalmente infetti con FDp. Sfruttando le micro-biglie rivestite di VmpA ricombinante si è visto come esse venivano trattenute principalmente nella membrana perimicrovillare dell'epitelio del mesointestino dissezionato da esemplari di *E. variegatus* che si erano nutriti su una dieta artificiale addizionata con tali micro-biglie, confermando la funzione cruciale di VmpA nell'interazione con i vettori (Arricau-Bouvery *et al*., 2018). È stato inoltre dimostrato che le varianti delle proteine VmpA e VmpB si correlano con la capacità di trasmissione di FDp da parte di diverse specie di insetti vettori; è stato possibile classificare gli isolati di FDp reperiti in diverse piante ospiti e insetti vettori raccolti in varie località europee in "vectotypes", sulla base appunto delle sequenze dei geni *vmp*A, *vmp*B e *map* (Malembic-Maher *et al*., 2020). In particolare, il cosiddetto "vectotype I" è presente in isolati di FDp trasmissibili solo dalla cicalina *Oncopsis alni*, mentre i "vectotype II e III" sono reperiti in isolati trasmissibili solo da vettori deltocefalini, quali *S. titanus*, *Orientus ishidae* e *Allygus* spp.. Tali risultati di inferenza molecolare sono stati confermati inoltre sfruttando la tecnologia delle micro-biglie sintetiche rivestite con le diverse varianti ricombinanti di VmpA: le biglie rivestite con VmpA della tipologia "vectotype II" erano trattenute negli intestini di *E. variegatus* e di

S. titanus in misura maggiore rispetto a quelle del "vectotype I" (Malembic-Maher *et al*., 2020).

Risposta immunitaria innescata da fitoplasmi in cicadellidi vettori

La risposta immunitaria negli insetti è un processo cruciale nelle interazioni tra ospite e microrganismi e la presenza di batteri può innescare diverse reazioni di difesa a seconda che essi siano patogeni, commensali o benefici (Login *et al*., 2011; Eleftherianos *et al*., 2013). Negli emitteri vettori di fitoplasmi, gli insetti infetti supportano elevate quantità di fitopatogeni che hanno sviluppato diverse strategie di immunomodulazione e adattamento all'ospite. Nel caso di *E. variegatus*, che è vettore naturale del co-evoluto isolato CYp e vettore forzato in laboratorio del non co-evoluto ceppo FDp, si è visto come l'infezione con quest'ultimo attivi una risposta immune di lunga durata, sia in termini di regolazione genica che di risposta biochimica (attività fenoloossidasica, immunocompetenza e attivazione della cascata di melanizzazione) (Galetto *et al*., 2018). FDp viene quindi percepito come potenziale patogeno dall'insetto, come infatti confermato dalla riduzione di prolificità e longevità dell'insetto in seguito all'infezione (Bressan *et al*., 2005). D'altro canto, l'infezione di *E. variegatus* con CYp, che ne aumenta leggermente la fitness (D'Amelio *et al*., 2008), attiva le risposte di adattamento dell'insetto allo stress, sia in termini di regolazione genica che di attivazione metabolica (Galetto *et al*., 2018). Sempre in *E. variegatus*, si è osservata un'attivazione specifica del pathway immunitario Raf nell'intestino in seguito a doppia infezione con l'endosimbionte *Asaia* e con FDp (Gonella *et al*., 2019). È interessante notare come la localizzazione tissutale e la tempistica di attivazione di Raf siano coerenti con il ruolo svolto da *Asaia* nel limitare l'acquisizione del fitoplasma, supportando il coinvolgimento di questo gene nell'attività dimostrata dall'endosimbionte nei confronti di FDp (Gonella *et al*., 2018).

Conclusioni

I fitoplasmi sono procarioti fitopatogeni, privi di parete, a localizzazione floematica e sono trasmessi da insetti che si nutrono nel floema, condizione necessaria ma non sufficiente per la loro trasmissione. Relativamente poche specie di insetti emitteri floemomizzi sono in grado di trasmettere tali fitopatogeni: si tratta in larga misura di cicadellidi deltocefalini. Il riconoscimento e l'adesione del fitoplasma all'epitelio intestinale sono necessari per l'ingresso nel corpo del vettore e sono mediati da specifici meccanismi molecolari nei quali sono coinvolte le proteine di membrana del patogeno. Il patogeno deve essere in grado di moltiplicarsi e colonizzare i diversi organi dell'insetto, che a sua volta deve essere permissivo e in grado di supportare tale invasione batterica senza innescare una risposta immunitaria eccessiva. Meccanismi di riconoscimento molecolare sono poi necessari anche per l'adesione e la colonizzazione delle ghiandole salivari, il raggiungimento della saliva e la conclusione del processo di trasmissione. Nella realtà del pieno campo, altri fattori oltre alle interazioni molecolari influiscono ovviamente sulle combinazioni fitoplasma/insetto, come ad esempio il comportamento nutrizionale su gamme di piante ospiti compatibili a patogeno e vettore e l'opportunità ecologica di condivisione stagionale dello stesso areale. L'ampliamento delle conoscenze, purtroppo ancora limitate, nell'ambito delle relazioni patogeno/vettore rappresenta un trampolino di lancio fondamentale per lo sviluppo di tecniche innovative e sostenibili per la gestione agronomica delle fitoplasmosi, che si basa *in primis* sul contenimento dei loro vettori.

RIASSUNTO

I patogeni vegetali trasmessi da insetti sono virus, batteri e mollicuti (fitoplasmi e spiroplasmi), e in misura minore alcuni funghi. I vettori di agenti fitopatogeni sono prevalentemente insetti con apparato boccale pungente-succhiante (ordini Hemiptera e Thysanoptera) e alcuni coleotteri con apparato boccale masticatore. I fitoplasmi sono procarioti fitopatogeni, privi di parete, che si localizzano nel floema delle piante infette. Essi causano innumerevoli malattie delle piante producendo ingenti danni economici ai sistemi produttivi. I fitoplasmi sono trasmessi in maniera persistente propagativa da alcune specie di insetti emitteri floemomizzi, in larga misura cicadellidi deltocefalini. Il controllo e la gestione delle malattie da fitoplasmi si basano su strategie di contenimento delle popolazioni di vettori, mediante l'uso prevalente di insetticidi. Vengono qui approfonditi i meccanismi di riconoscimento molecolare tra patogeno e vettore che permettono il superamento delle due principali barriere incontrate dal fitoplasma nella colonizzazione del corpo del vettore: l'attraversamento dell'epitelio intestinale e l'ingresso nelle ghiandole salivari. In particolare, si fa riferimento agli studi compiuti sui ceppi onion yellows (OY) e chrysanthemum yellows (CY) del '*Candidatus* Phytoplasma asteris' e sul fitoplasma della Flavescenza dorata (FD) della vite. Le proteine di membrana dei fitoplasmi sono in diretto contatto con le cellule ospiti e sono i partners molecolari prevalentemente coinvolti nell'interazione con i vettori. Le proteine immunodominanti di membrana (Amp e

Imp) e la proteina variabile di membrana (VmpA) sono le principali protagoniste di queste relazioni con diverse specie di cicadellidi vettori. Vengono fatti altresì brevi cenni sull'attivazione della risposta immune nell'insetto in seguito all'infezione da fitoplasmi. Molto resta da conoscere sulle relazioni tra patogeno e vettore, soprattutto per soddisfare la necessità di nuovi e più sostenibili strumenti di controllo per far fronte alle malattie da fitoplasmi.

BIBLIOGRAFIA

Arricau-Bouvery N., Duret S., Dubrana M.-P., Batailler B., Desque D., Beven L., Danet J.-L., Monticone M., Bosco D., Malembic-Maher S., Foissac X., 2018 - *Variable membrane protein A of flavescence dorée phytoplasma binds the midgut perimicrovillar membrane of* Euscelidius variegatus *and promotes adhesion to its epithelial cells*. - Appl. Environ. Microbiol., 84, 8-17.

Bosco D., 2014 - *Insetti vettori di agenti fitopatogeni.* In: Pennacchio F., Mancini D. (Eds.), Gli insetti e il loro controllo. Liguori Editore, Napoli, Italy, 425-448.

Bosco D., Galetto L., Leoncini P., Saracco P., Raccah B., Marzachì C., 2007 - *Interrelationships between "Candidatus Phytoplasma asteris" and its leafhopper vectors (Homoptera: Cicadellidae)*. - J. Econom. Entomol., 100 : 1504 -1511.

Bressan A., Clair D., Semetey O., Boudon-Padieu E., 2005 - *Effect of two strains of Flavescence dorée phytoplasma on the survival and fecundity of the experimental leafhopper vector Euscelidius variegatus Kirschbaum*. - J. Invert. Pathol., 89: 144 -149.

Caudwell A., Kuszala C., Larrue J., Bachelier J., 1972 - *Transmission de la Flavescence dorée de la fève à la fève par des cicadelles des genres* Euscelis *et* Euscelidius. - Ann. Phytopathol., No. hors série: 181-189.

Cimerman A., Pacifico D., Salar P., Marzachì C., Foissac X., 2009 - *Striking diversity of vmp1, a variable gene encoding a putative membrane protein of the stolbur phytoplasma*. - Appl. Environ. Microbiol., 75: 2951-2957.

Conti M., D'Agostino G., Casetta A., Mela L., 1988 - *Some characteristics of chrysanthemum yellows disease*. - Acta Horticult., 234: 129-136.

D'Amelio R., Berta G., Gamalero E., Massa N., Avidano L., Cantamessa S., D'agostino G., Bosco D., Marzachì C., 2011 - *Increased plant tolerance against chrysanthemum yellows phytoplasma ('Candidatus Phytoplasma asteris') following double inoculation with* Glomus mosseae *BEG12 and* Pseudomonas putida *S1Pf1Rif: Effects of AM fungus and a pseudomonad on phytoplasmosis*. - Plant Pathol., 60: 1014-1022.

D'Amelio R., Marzachì C., Bosco D., 2010 - *Activity of benzothiadiazole on chrysanthemum yellows phytoplasma ('Candidatus Phytoplasma asteris') infection in daisy plants*. - Crop Protect., 29: 1094 -1099.

D'Amelio R., Palermo S., Marzachì C., Bosco D., 2008 - *Influence of Chrysanthemum yellows phytoplasma on the fitness of two of its leafhopper vectors,* Macrosteles quadripunctulatus *and* Euscelidius variegatus. - Bullett. Insectol., 61: 349 - 354.

EFSA Panel on Plant Health PLH, *et al*., 2014 - *Scientific opinion on pest categorisation of grapevine Flavescence dorée: grapevine Flavescence dorée pest categorisation*. - EFSA J., 12 : 3851.

EFSA Panel on Plant Health PLH, *et al.*, 2016 - *Risk to plant health of Flavescence dorée for the EU territory*. - EFSA J., 14: 4603.

Eigenbrode S.D., Bosque-Perez N.A., Davis T.S., 2018 - *Insect-borne plant pathogens and their vectors: ecology, evolution, and complex interactions*. - Annu. Rev. Entomol., 63: 169 -191.

Eleftherianos I., Atri J., Accetta J., Castillo J.C., 2013 - *Endosymbiotic bacteria in insects: guardians of the immune system?* - Front. Physiol., 4.

Fabre A., Danet J.-L., Foissac X., 2011 - *The stolbur phytoplasma antigenic membrane protein gene stamp is submitted to diversifying positive selection*. - Gene, 472: 37- 41.

Foissac X, Wilson M.R., 2010 - *Current and possible future distributions of phytoplasma diseases and their vectors*. In: Weintraub, P.G., Jones, P. (Eds.), Phytoplasmas: Genomes, Plant Hosts, and Vectors. CABI, Wallingford, UK, 309 - 324.

Fongsaran C., Jirakanwisal K., Kuadkitkan A., Wikan N., Wintachai P., Thepparit C., Ubol S., Phaonakrop N., Roytrakul S., Smith D.R., 2014 - *Involvement of ATP synthase β subunit in chikungunya virus entry into insect cells*. - Arch. Virol., 159: 3353-3364.

Galetto L., Abbà S., Rossi M., Ripamonti M., Palmano S., Bosco D., Marzachì C., 2021 - *Silencing of ATP synthase β reduces phytoplasma multiplication in a leafhopper vector.* J. Insect Physiology, 125: 104107.

Galetto L., Abbà S., Rossi M., Vallino M., Pesando M., Arricau-Bouvery N., Dubrana M.-P., Chitarra W., Pegoraro M., Bosco D., Marzachì C., 2018 - *Two phytoplasmas elicit different responses in the insect vector* Euscelidius variegatus *Kirschbaum*. - Infect. Immun., 86, IAI.00042-18.

Galetto L., Bosco D., Balestrini R., Genre A., Fletcher J., Marzachì C., 2011- *The major antigenic membrane protein of "Candidatus Phytoplasma asteris" selectively interacts with ATP synthase and actin of leafhopper vectors*. - PLoS ONE, 6: e22571.

Galetto L., Fletcher J., Bosco D., Turina M., Wayadande A., Marzachì C., 2008 - *Characterization of putative membrane protein genes of the ' Candidatus Phytoplasma asteris', chrysanthemum yellows isolate*. - Can. J. Microbiol., 54: 341- 351.

Gonella E., Crotti E., Mandrioli M., Daffonchio D., Alma A., 2018 - *Asaia symbionts interfere with infection by Flavescence dorée phytoplasma in leafhoppers.* - J. Pest Sci., 91: 1033-1046.

Gonella E., Mandrioli M., Tedeschi R., Crotti E., Pontini M., Alma A., 2019 - *Activation of immune genes in leafhoppers by phytoplasmas and symbiotic bacteria*. - Front. Physiol., 10: 795.

Hoshi A., Oshima K., Kakizawa S., Ishii Y., Ozeki J., Hashimoto M., Komatsu K., Kagiwada S., Yamaji Y., Namba S., 2009 - *A unique virulence factor for proliferation and dwarfism in plants identified from a phytopathogenic bacterium*. - PNAS, 106: 6416-6421.

Huang W., Reyes-Caldas P., Mann M., Seifbarghi S., Kahn A., Almeida R.P.P., Beven L., Heck M., Hogenhout S.A., Coaker G., 2020 - *Bacterial vector-borne plant diseases: unanswered questions and future directions.* - Mol. Plant, 13: 1379-1393.

IRPCM, Phytoplasma/Spiroplasma Working Team - Phytoplasma Taxonomy Group, 200 - *'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical*

prokaryotes that colonize plant phloem and insects. - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 54: 1243-1255.

Ishii Y., Kakizawa S., Hoshi A., Maejima K., Kagiwada S., Yamaji Y., Oshima K., Namba S., 2009 - *In the non-insect-transmissible line of onion yellows phytoplasma (OY-NIM), the plasmid-encoded transmembrane protein ORF3 lacks the major promoter region*. - Microbiology, 155: 2058-2067.

Ishii Y., Kakizawa S., Oshima K., 2013 - *New ex vivo reporter assay system reveals that σ factors of an unculturable pathogen control gene regulation involved in the host switching between insects and plants*. - MicrobiologyOpen, 2: 553-565.

Iwabuchi N., Maejima K., Kitazawa Y., Miyatake H., Nishikawa M., Tokuda R., Koinuma H., Miyazaki A., Nijo T., Oshima K., Yamaji Y., Namba S., 2019 - *Crystal structure of phyllogen, a phyllody-inducing effector protein of phytoplasma*. - Biochem. Biophys. Res. Commun., 513: 952-957.

Kakizawa S., Oshima K., Namba S., 2006a - *Diversity and functional importance of phytoplasma membrane proteins*. - Trends Microbiol., 14: 254-256.

Kakizawa S., Oshima K., Jung H.-Y., Suzuki S., Nishigawa H., Arashida R., Miyata S.-I., Ugaki M., Kishino H., Namba S., 2006b - *Positive selection acting on a surface membrane protein of the plant-pathogenic phytoplasmas*. - J. Bacteriol., 188: 3424-3428.

Kakizawa S., Oshima K., Ishii Y., Hoshi A., Maejima K., Jung H.-Y., Yamaji Y., Namba S., 2009 - *Cloning of immunodominant membrane protein genes of phytoplasmas and their in planta expression.* - FEMS Microbiol. Lett., 293: 92-101.

Koinuma H., Maejima K., Tokuda R., Kitazawa Y., Nijo T., Wei W., Kumita K., Miyazaki A., Namba S., Yamaji Y., 2020 - *Spatiotemporal dynamics and quantitative analysis of phytoplasmas in insect vectors*. - Sci. Rep., 10: 4291.

Konnerth A., Krczal G., Boonrod K., 2016 - *Immunodominant membrane proteins of phytoplasmas*. - Microbiology, 162: 1267-1273.

Lee I.-M., Gundersen-Rindal D.E., Davis R.E., Bottner K.D., Marcone C., Seemüller E., 2004 - *'Candidatus Phytoplasma asteris', a novel phytoplasma taxon associated with aster yellows and related diseases*. - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 54 : 1037-1048.

Liang G.-F., Liang Y., Xue Q., Lu J.-F., Cheng J.-J., Huang J., 2015 - *Astakine LvAST binds to the β subunit of F1-ATP synthase and likely plays a role in white shrimp* Litopeneaus vannamei *defense against white spot syndrome virus*. - Fish Shell. Immunol., 43: 75-81.

Liang Y., Cheng J.-J., Yang B., Huang J., 2010 - *The role of F1 ATP synthase beta subunit in WSSV infection in the shrimp,* Litopenaeus vannamei. - Virol J., 7: 144.

Login F.H., Balmand S., Vallier A., Vincent-Monegat C., Vigneron A., Weiss-Gayet M., Rochat D., Heddi A., 2011 - *Antimicrobial peptides keep insect endosymbionts under control*. - Science, 334: 362-365.

Malembic-Maher S., Desque D., Khalil D., Salar P., Bergey B., Danet J.-L., Duret S., Dubrana-Ourabah M.-P., Beven L., Ember I., Acs Z., Della Bartola M., Materazzi A., Filippin L., Krnjajic S., Krstic O., Tosevski I., Lang F., Jarausch B., Kölber M., Jovic J., Angelini E., Arricau-Bouvery N., Maixner M., Foissac X., 2020 - *When a palearctic bacterium meets a nearctic insect vector: genetic and ecological insights into the emergence of the grapevine Flavescence dorée epidemics in Europe*. - PLoS Pathog., 16: e1007967.

Marcone C., 2014 - *Molecular biology and pathogenicity of phytoplasmas*. - Ann. Appl. Biol., 165: 199-221.

Miura C., Komatsu K., Maejima K., Nijo T., Kitazawa Y., Tomomitsu T., Yusa A., Himeno M., Oshima K., Namba S., 2015 - *Functional characterization of the principal sigma factor RpoD of phytoplasmas via an in vitro transcription assay.* - Sci. Rep., 5: 11893.

Miyazaki A., Shigaki T., Koinuma H., Iwabuchi N., Rauka G.B., Kembu A., Saul J., Watanabe K., Nijo T., Maejima K., Yamaji Y., Namba S., 2018 - '*Candidatus Phytoplasma noviguineense', a novel taxon associated with Bogia coconut syndrome and banana wilt disease on the island of New Guinea*. - Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 68: 170-175.

Morton A., Davies D.L., Blomquist C.L., Barbara D.J., 2003 - *Characterization of homologues of the apple proliferation immunodominant membrane protein gene from three related phytoplasmas*. - Mol. Plant Pathol., 4: 109-114.

Neriya Y., Sugawara K., Maejima K., Hashimoto M., Komatsu K., Minato N., Miura C., Kakizawa S., Yamaji Y., Oshima K., Namba S., 2011- *Cloning, expression analysis, and sequence diversity of genes encoding two different immunodominant membrane proteins in poinsettia branch-inducing phytoplasma (PoiBI)*. - FEMS Microbiol. Lett., 324: 38-47.

Nijo T., Neriya Y., Koinuma H., Iwabuchi N., Kitazawa Y., Tanno K., Okano Y., Maejima K., Yamaji Y., Oshima K., Namba S., 2017 - *Genome-wide analysis of the transcription start sites and promoter motifs of phytoplasmas*. - DNA and Cell Biology, 36: 1081-1092.

Oshima K., Ishii Y., Kakizawa S., Sugawara K., Neriya Y., Himeno M., Minato N., Miura C., Shiraishi T., Yamaji Y., Namba S., 2011 - *Dramatic transcriptional changes in an intracellular parasite enable host switching between plant and insect*. - PLoS ONE, 6: e23242.

Oshima K., Kakizawa S., Nishigawa H., Jung H.-Y., Wei W., Suzuki S., Arashida R., Nakata D., Miyata S., Ugaki M., Namba S., 2004 - *Reductive evolution suggested from the complete genome sequence of a plant-pathogenic phytoplasma.* - Nat. Genet., 36: 27-29.

Oshima K., Shiomi T., Kuboyama T., Sawayanagi T., Nishigawa H., Kakizawa S., Miyata S., Ugaki M., Namba S., 2001 - *Isolation and characterization of derivative lines of the onion yellows phytoplasma that do not cause stunting or phloem hyperplasia*. - Phytopathol., 91: 1024-1029.

Palermo S., Arzone A., Bosco D., 2001 - *Vector-pathogen-host plant relationships of chrysanthemum yellows (CY) phytoplasma and the vector leafhoppers* Macrosteles quadripunctulatus *and* Euscelidius variegatus*.* - Ent. Exp. Appl., 99: 347-354.

Rashidi M., Galetto L., Bosco D., Bulgarelli A., Vallino M., Veratti F., Marzachì C., 2015 - *Role of the major antigenic membrane protein in phytoplasma transmission by two insect vector species*. - BMC Microbiol., 15: 193.

Renaudin J., Beven L., Batailler B., Duret S., Desque D., Arricau-Bouvery N., Malembic-Maher S., Foissac X., 2015 - *Heterologous expression and processing of the flavescence dorée phytoplasma variable membrane protein VmpA in Spiroplasma citri*. - BMC Microbiol., 15: 82.

Rossi M., Samarzija I., Seruga-Music M., Galetto L., 2019 - *Diversity and functional importance of phytoplasma membrane proteins.* In: Bertaccini, A., Oshima, K., Kube, M., Rao, G.P. (Eds.), Phytoplasmas:

Plant Pathogenic Bacteria - III. Springer Singapore, Singapore, 69-88.

Saracco P., Bosco D., Veratti F., Marzachì C., 2006 - *Quantification over time of chrysanthemum yellows phytoplasma (16Sr-I) in leaves and roots of the host plant Chrysanthemum carinatum (Schousboe) following inoculation with its insect vector*. - Physiol. Molec. Plant Pathol., 67: 212-219.

Shiomi T., Tanaka M., Wakiya H., Zenbayashi R., 1996 - *Occurrence of Welsh Onion Yellows*. - Jpn. J. Phytopathol., 62: 258-260.

Siampour M., Galetto L., Bosco D., Izadpanah K., Marzachì C., 201 - *In vitro interactions between immunodominant membrane protein of lime witches' broom phytoplasma and leafhopper vector proteins*. - Bull. Insectol., 64: S149-S150.

Siampour M., Izadpanah K., Galetto L., Salehi M., Marzachì C., 2013 - *Molecular characterization, phylogenetic comparison and serological relationship of the Imp protein of several 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia' strains: imp gene in 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia'*. - Plant Pathol., 62: 452-459.

Suzuki S., Oshima K., Kakizawa S., Arashida R., Jung H.-Y., Yamaji Y., Nishigawa H., Ugaki M., Namba S., 2006 - *Interaction between the membrane protein of a pathogen and insect microfilament complex determines insect-vector specificity*. - PNAS, 103: 4252-4257.

Trivellone V., Ripamonti M., Angelini E., Filippin L., Rossi M., Marzachi' C., Galetto L., 2019 - *Evidence suggesting interactions between immunodominant membrane protein Imp of Flavescence dorée phytoplasma and protein extracts from distantly related insect species*. - J. Appl. Microbiol., 127: 1801-1813.

Trivellone V., 2019 - *An online global database of Hemiptera -Phytoplasma-Plant biological interactions*. - Biodiv. Data J., 7: e32910.

Weintraub P.G., Beanland L., 2006 - *Insect vectors of phytoplasmas*. - Ann. Rev. Entomol., 51: 91-111.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 129-136

ECOLOGIA DELLA TRASMISSIONE DI BATTERI ('*CA*. LIBERIBACTER SPP.' E FITOPLASMI) DA PARTE DI EMITTERI PSILLOIDEI

ROSEMARIE TEDESCHI[a]

[a] *Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino, Largo Paolo Braccini, 2 - 10095 Grugliasco*
Email: rosemarie.tedeschi@unito.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 21 febbraio 2020.

*Ecology of bacterial transmission ('*Ca. *Liberibacter spp.' and phytoplasmas) by psyllids*

Psyllids (Hemiptera: Psylloidea) are phloem feeding insects known as vectors of several bacteria belonging to the Classes Mollicutes (fitoplasmi) and Alphaproteobacteria ('*Ca.* Liberibacter spp.') and causing serious crop diseases. These pathogens are transmitted in a persistent-propagative manner and this process is regulated by intricate interplays among the plant, the vector and the pathogen. Several factors regulate these interactions depicting very different epidemiological scenarios.

Among all, the range of the host plants on which the vector can develop, or only sporadically feed, is crucial, in particular when wild plants are involved due to the fact that they can act as inoculum source of both the vector and the pathogen.

Moreover, the dispersal behaviour of the vector on short or long distances, in turn regulated by several biotic and abiotic factors, has an important role in the spreading of the diseases.

Finally, the occurrence of different populations of the vector, of different strains/haplotypes of the pathogen, but also of different combinations of psyllid populations and pathogen strains/haplotypes determines variable transmission efficiency at both geographical and host plant scale.

The knowledge of all these variables has important implications for phytosanitary measures facilitating a timelier and targeted management, reducing the impact of bacterial diseases where they are already endemic and preventing their spread to new areas.

KEY WORDS: piante ospiti, dispersione, patogenicità, epidemiologia.

INTRODUZIONE

Le psille (Hemiptera; Psylloidea) sono insetti floemomizi noti per essere vettori di diversi batteri fitopatogeni appartenenti alle classi Mollicutes (fitoplasmi) e Alphaproteobacteria ('*Ca.* Liberibacter spp.') i quali causano gravi malattie alle piante coltivate (Tab. 1).

Per quanto riguarda le specie vettrici accertate di fitoplasmi, esse appartengono tutte al genere *Cacopsylla* (Fam. Psyllidae) e sono tipicamente infeudate a piante della famiglia Rosaceae alle quali trasmettono 3 fitoplasmi del gruppo 16SrX (Apple proliferation), ovvero '*Candidatus* Phytoplasma mali', '*Ca.* Phytoplasma pyri' e '*Ca.* Phytoplasma prunorum', che causano, rispettivamente, tre importanti malattie ai fruttiferi ovvero gli scopazzi del melo (Apple proliferation, AP), la moria del pero (Pear decline, PD) e i giallumi delle drupacee (European stone fruit yellows, ESFY).

'*Ca.* Phytoplasma mali' è trasmesso da *Cacopsylla melanoneura* (Förster) e *C. picta* (Löw) (TEDESCHI *et al*., 2003; TEDESCHI e ALMA 2004; JARAUSCH *et al*., 2007), '*Ca.* phytoplasma pyri' da *C. pyri* (L.) e *C. pyricola* (Förster) (DAVIES *et al.*, 1992, CARRARO *et al*., 1998a) mentre *C. pruni* (Scopoli) è il vettore di '*Ca.* Phytoplasma prunorum' (CARRARO *et al.,* 1998b, 2001, 2004; THEBAUD *et al.*, 2009). Tutte queste specie sono di origine paleartica e la loro diffusione così come quella del fitoplasma che veicolano è ancora ristretta a tale area geografica, fatta eccezione per *C. pyricola*, e di conseguenza del fitoplasma della moria del pero che sono stati introdotti in Nord America all'inizio del 1800 (HORTON, 1999).

Il coinvolgimento di psille nella trasmissione di altri fitoplasmi non associati a fruttiferi non è da escludere, alla luce anche di recenti ricerche che hanno dimostrato evidenze in tal senso, anche se non ancora supportate da prove di trasmissione. È il caso, ad esempio, della specie *Livilla spectabilis* (Flor) (Fam. Psyllidae) che sembrerebbe fortemente implicata nella trasmissione di '*Ca.* Phytoplasma spartii' e di fitoplasmi 16RrV-C a *Spartium junceum* L. (RIZZA *et al*., 2020).

Per quanto riguarda invece le specie vettrici di '*Ca*. Liberibacter spp.', lo scenario è più variegato (HAAPALAINEN, 2014).

La malattia degli agrumi Huanglongbing o Citrus greening è causata, a seconda delle aree geografiche, dalle tre diverse specie '*Ca.* Liberibacter asiaticus', '*Ca.* Liberibacter americanus' e '*Ca.* Liberibacter africanus', trasmesse rispettivamente da *Diaphorina citri* Kuwayama (Fam. Lividae), le prime due, e *Trioza*

Tabella 1 – Fitoplasmi e '*Ca.* Liberibacter spp.' trasmessi da psille, relativi vettori, piante ospiti e distribuzione geografica.

Patogeno	**Malattia**	**Vettore**	**Pianta ospite**	**Distribuzione**
Fitoplasmi				
'*Ca.* Phytoplasma mali'	Apple Proliferation (AP)	*Cacopsylla picta* *C. melanoneura*	Melo Melo, biancospino	Europa
'*Ca.* Phytoplasma pyri'	Pear Decline (PD)	*Cacopsylla pyri* *Cacopsylla pyricola*	Pero Pero	Europa, Nord America
'*Ca.* Phytoplasma prunorum'	European Stone Fruit Yellows (ESFY)	*Cacopsylla pruni*	*Prunus* spp.	Europa
Liberibacter				
'*Ca.* Liberibacter asiaticus'	Huanglongbing o Citrus greening	*Diaphorina citri*	Rutaceae	Asia
'*Ca.* Liberibacter africanus'	Huanglongbing o Citrus greening	*Trioza erytreae*	Rutaceae	Africa
'*Ca.* Liberibacter americanus'	Huanglongbing o Citrus greening	*Diaphorina citri*	Rutaceae	Nord e Sud America
'*Ca.* Liberibacter solanacearum' .				
AplotipoA	Zebra chip	*Bactericera cockerelli*	Solanaceae	Nord e Centro America, Nuova Zelanda
Aplotipo B	Zebra chip	*Bactericera cockerelli*	Solanaceae	Nord e Centro America
Aplotipo C		*Trioza apicalis*	Apiaceae (carota)	Europa settentrionale
Aplotipo D ed E		*Bactericera trigonica*	Apiaceae (carota)	Spagna, Francia, Marocco, Israele
'*Ca.* Liberibacter europaeus'		*Cacopsylla pyri* *Arytainilla spartiophila*	*Rosaceae* *Cytisus scoparius*	Europa Nuova Zelanda, Regno Unito

erytreae Del Guercio (Fam. Triozidae) la terza (Capoor *et al.*, 1967; Yamamoto *et al.*, 2006; Van den Berg *et al.*, 1992).

'*Ca.* Liberibacter solanacearum è invece trasmesso da *Bactericera cockerelli* (Šulc) a colture appartenenti alla famiglia Solanaceae quali patata, pomodoro, peperone e tabacco (Munyaneza *et al.*, 2007) e da *Trioza apicalis* Förster (Munyaneza *et al.*, 2010, 2015), *Bactericera trigonica* Hodkinson (Alfaro-Fernández *et al*., 2012; Teresani *et al*., 2015) e presumibilmente *Bactericera nigricornis* (Förster) a piante della famiglia Apiaceae quali carota e sedano (Ben Othmen *et al.*, 2019; Teresani *et al.*, 2015). Tutte queste ultime psille appartengono alla Famiglia Triozidae.

Infine '*Ca.* Liberibacter europaeus', segnalato per la prima volta in Italia come endofita di diverse specie di Rosaceae e trasmesso da *C. pyri* (Raddadi *et al.*, 2009; Camerota *et al.* 2012), è stato successivamente segnalato in Nuova Zelanda e nel Regno Unito come patogeno della ginestra dei carbonai *Cytisus scoparius* L. & Link e associato alla psilla *Arytainilla spartiophila* (Förster) (Fam. Psyllidae) (Thompson *et al.*, 2013; Tennières *et al.*, 2020).

Sono state inoltre segnalate infezioni miste di fitoplasmi e '*Ca.* Liberibacter solanacearum' come nel caso di individui di *B. cockerelli* infette anche da fitoplasmi dei sottogruppi 16SrVI-A e 16SrI-A (Swisher *et al.,* 2018) che richiederebbero ulteriori approfondimenti per le ovvie implicazioni dal punto di vista epidemiologico.

La trasmissione di questi batteri, che è di tipo persistente-propagativo, è regolata da complesse interazioni tra vettore, patogeno e pianta, nonché da fattori ambientali e azioni antropiche. La conoscenza degli aspetti ecologici che intervengono nei vari patosistemi è di fondamentale importanza per poter limitare l'impatto delle relative malattie, dove queste sono già presenti, ed evitare il rischio della loro diffusione in altri areali al momento ancora indenni.

Piante ospiti

Uno degli aspetti chiave del triangolo psilla-patogeno-pianta è dato dalle possibili associazioni insetto vettore-pianta che portano a diversi scenari epidemiolgici. In generale le psille sono insetti floemomizi altamente specializzati, ovvero il numero di piante ospiti (= piante sulle quali si completa lo sviluppo degli stadi giovanili fino allo sfarfallamento) è ristretto a una o poche specie affini, anche se esistono alcune eccezioni (Hodkinson, 2009; Burckhardt *et al*., 2014).

Nel caso delle psille vettrici di fitoplasmi, vi sono sia specie prettamente monofaghe, come *C. pyri* e *C. pyricola* che vivono quasi esclusivamente su pero, dove svolgono 4-5 generazioni all'anno, sia specie oligofaghe tipicamente monovoltine. Tra queste, *C.*

pruni ha come piante ospiti diverse specie del genere *Prunus*, ed è in grado di trasmettere il fitoplasma '*Ca.* Phytoplasma prunorum' sia a specie coltivate (es. albicocco, pesco e susino), sia a specie spontanee (es. *P. spinosa* e *P. cerasifera*), sulle quali, tra l'altro, vengono anche osservate maggiori densità del vettore. Le piante di *Prunus* spp. spontanee rappresentano dunque una forte criticità dal punto di vista epidemiologico in quanto fungono da serbatoio sia per il vettore che per il patogeno risultando tra l'altro quasi sempre asintomatiche (Burckhardt, 1994; Carraro *et al.*, 2002; Sabaté *et al.*, 2016)

Analogamente *C. melanoneura*, vettore di '*Ca.* Phytoplasma mali' si nutre e si sviluppa sia su melo che su biancospino che a sua volta può fungere da serbatoio sia del vettore che del patogeno (Tedeschi *et al.*, 2009), anche se si ipotizza l'esistenza di popolazioni distinte in funzioni della pianta ospite (Malagnini *et al*., 2013)

Il ciclo biologico di *C. pruni*, *C. melanoneura* e *C. picta* prevede anche, a fine primavera, la migrazione su conifere per l'estivazione e lo svernamento (Cermák e Lauterer, 2008; Tedeschi *et al*., 2002; Thébaud *et al*., 2009; Pizzinat *et al*., 2011; Jarausch *et al*., 2019) per poi tornare sulle loro piante ospiti a fine inverno. Le conifere fungono quindi da piante rifugio in particolari momenti dell'anno in cui le condizioni sulle piante ospiti non sono più ottimali. È stata dimostrata un'attività trofica delle psille sulle conifere, mentre gli accoppiamenti avvengono solo dopo il ritorno sulle piante ospiti a fine inverno, probabilmente perché le piante rifugio non rappresentano un substrato idoneo per lo sviluppo degli stadi giovanili (Pizzinat *et al.*, 2011; Galliger e Gross, 2018). La differente composizione chimica della linfa delle piante ospiti e delle conifere avrebbe un ruolo importante nel regolare questi eventi. La gran parte delle piante appartenenti alla famiglia delle Rosacee sono ricche di sorbitolo, che invece risulta assente nelle conifere; per contro, le conifere contengono elevate quantità di acido quinico e pinitolo, assenti nelle Rosacee (Galliger e Gross, 2018). Mentre il pinitolo potrebbe avere un ruolo importante nella protezione degli adulti contro il congelamento (Bale, 2002), l'assenza di sorbitolo o la diversa composizione di acidi organici potrebbero impedire lo sviluppo di neanidi e ninfe sulle conifere (Galliger e Gross, 2018).

Analogamente, la linfa elaborata delle conifere non sembrerebbe un ambiente idoneo per '*Ca.* Phytoplasma prunorum' e '*Ca.* Phytoplasma mali'. Infatti, nonostante l'evidenza di un'attività trofica sulle conifere e del permanere nei rispettivi vettori della carica fitoplasmatica, che anzi aumenta durante l'estivazione e lo svernamento (Thébaud *et al.*, 2009; Candian *et al.*, 2020; Oppedisano *et al.*, 2020), le conifere non sembrerebbero avere alcun ruolo come sorgente d'inoculo per questi fitoplasmi.

Anche nel caso delle psille vettrici di '*Ca.* Liberibacter spp.' le diverse associazioni vettore-pianta ospite delineano diversi scenari epidemiologici. Per esempio, per quanto riguarda i vettori di '*Ca.* Liberibacter solanacearum', *B. trigonica*, *B. nigricornis* e *T. apicalis* hanno come pianta ospite sia specie coltivate, come la carota e il sedano, che specie spontanee sempre appartenenti alla famiglia delle Apiacee e migrano allo stadio di adulto neosfarfallato su conifere per l'estivazione e lo svernamento. (Kristoffersen e Anderbrant, 2005, 2007; Hodkinson 2009), al contrario *B. cockerelli* è più strettamente infeudata alle solanacee, nutrendosi a spese di numerose specie coltivate e spontanee (Munyaneza, 2016), anche se è in grado di riprodursi e svilupparsi anche su alcune convolvulacee come *Ipomaes batatas* L. e *Convolvulus arvensis* L..

Eventuali preoccupazioni legate a possibili trasmissioni crociate dovute alla frequente vicinanza dei campi di patate e di carote e ad occasionale attività trofica al di fuori del *range* delle rispettive piante ospiti sono state di fatto smentite. Infatti, grazie anche a studi fatti con elettropenetrografo (EPG), è stato dimostrato come *B. cockerelli* faccia difficoltà a raggiungere il floema delle piante di carota e, analogamente, come *B. trigonica* non presenti né emissione di saliva, né ingestione di floema se posta a nutrirsi su piante di patata (Munyaneza *et al*., 2016; Antolinez *et al*., 2017).

Diaphorina citri è sempre stata considerata una specie oligofaga su numerose piante della famiglia Rutacee ed in particolare su quelle appartenenti alla sottofamiglia Aurantioideae, ma più recentemente è stata dimostrata un'attività trofica su ospiti alternativi quali *Ficus carica* L. e *Celtis* spp. ma anche su piante erbacee come *Bidens alba* (L.) ed *Eupatorium capillifolium* (Lam.) Small comunemente presenti negli agrumeti (Johnston *et al.*, 2019).

In generale, anche se alcuni di questi ospiti alternativi non sono idonei per la riproduzione, possono fungere da substrato di nutrizione per gli adulti, prolungando la loro sopravvivenza in assenza degli ospiti per la riproduzione con ovvie ripercussioni dal punto di vista epidemiologico (Stelinsky, 2019; Cooper *et al*., 2019). In particolare le specie perenni rappresentano una seria minaccia come serbatoio precoce di *B. cockerelli*, perché sono presenti in primavera, prima dell'emergenza della patata e di altre solanacee annuali e in autunno dopo la raccolta delle patate (Horton *et al.*, 2015)

Dispersione

Un altro fattore cruciale nella trasmissione dei batteri da parte delle psille è la dispersione dei vettori che può avvenire in misura e modalità variabili in funzione delle diverse specie.

Alcune psille, come già visto, presentano, intrinseche nel loro ciclo biologico, delle migrazioni stagionali che hanno lo scopo di raggiungere fonti di cibo più favorevoli o piante rifugio per il superamento di periodi particolari, quali l'estivazione o lo svernamento. La ricerca di conifere per l'estivazione e lo svernamento porta a compiere distanze anche notevoli e a raggiungere quote altitudinali elevate (1300 – 1600 m s.l.m), ben diverse rispetto a quelle delle piante ospiti (Carraro *et al.*, 2001, 2004; Thébaud *et al.*, 2009). Questi spostamenti sono favoriti dalle correnti calde ascensionali che permettono di raggiungere le piante rifugio site in altura, mentre il ritorno sulle piante ospiti, a conclusione del periodo invernale, è favorito dalle correnti fredde discendenti (Cermák e Lauterer, 2008; Pizzinat *et al.*, 2011).

In altri casi la dispersione è legata a una continua ricerca di cibo favorevole, come avviene nel caso di *D. citri* che si sposta frequentemente tra diverse piante del genere *Citrus* alla continua ricerca di giovani germogli ricchi di linfa necessari anche per l'ovideposizione. Durante i mesi più caldi *D. citri* può percorrere almeno 300 m nell'arco di 4 giorni dalle file più interne dei frutteti abbandonati alle file più interne degli agrumeti in coltivazione (Lewis-Rosenblum *et al*., 2015). In assenza di vento la specie può percorrere fino a 2,4 km in assenza di vento, ma tali distanze possono incrementare parecchio in presenza di vento favorevole, con percorrenza di distanze maggiori su terreni incolti (Lewis-Rosenblum *et al*., 2015; Boina *et al.*, 2009).

Diversi fattori biotici influenzano questi spostamenti.

Per alcune psille, come *D. citri*, è stata osservata un'attrazione nei confronti di alcune lunghezze d'onda particolari come l'ultravioletto (390 nm), il verde (525 nm) e il giallo (590 nm) che si traduce in una maggiore attività durante il primo e il tardo pomeriggio (Paris *et al*., 2015). Inoltre, sempre per questa specie, gli spostamenti sono anche regolati da riferimenti meccanici (come le comunicazioni vibrazionali tra maschi e femmine) che regolano gli spostamenti su brevi distanze (Wenninger *et al*., 2009).

Maggiormente studiati risultano i riferimenti olfattivi che derivano sia da volatili emessi dalle piante che da volatili emessi da individui conspecifici.

Per quanto riguarda l'influenza delle sostanze volatili emesse dalle piante, nel caso di *C. picta* è stato dimostrato che gli individui della nuova generazione, sia maschi che femmine, sono particolarmente attratti dal β-carioffilene, sostanza prodotta prevalentemente dalle piante infette da '*Ca.* Phytoplasma mali', come strategia per incrementare le probabilità di acquisizione del fitoplasma e quindi di diffusione dello stesso, mentre le femmine reimmigranti, ossia quelle che tornano su melo a fine inverno, prediligono le piante sane come substrato per l'ovideposizione, perché queste garantiscono un miglior sviluppo degli stadi giovanili (Mayer *et al.*, 2011).

Anche *D. citri* è attratta da diverse sostanze volatili emesse dagli agrumi (Stelinski, 2015). Di particolare interesse è l'attrattività esercitata nei confronti delle femmine da parte dell'acido metil salicilico che viene emesso dalle piante danneggiate dall'attività trofica di altri individui conspecifici (Mann *et al.*, 2012). Si ipotizza che il beneficio ecologico derivante dall'attrazione verso tali piante possa essere legato alla necessità di accoppiamenti multipli per mantenere una fertilità e una fecondità ottimale (Wenninger e Hall, 2008).

La dispersione può essere però anche influenzata da sostanze volatili emesse da individui conspecifici, come osservato, sempre in *D. citri*, le cui femmine sono in grado di percepire e quindi evitare foglie o germogli precedentemente infestati da altre femmine della stessa specie, attuando una sorta di strategia per evitare il sovraffollamento (Martini *et al.*, 2014).

L'ecologia della trasmissione di fitopatogeni da parte dei vettori può infine essere influenzata da fenomeni di dispersione legati ad azioni antropiche. Un esempio molto significativo è dato dalla psilla della ginestra *A. spartiofila*, che era stata introdotta in Nuova Zelanda nel 1993 come agente di biocontrollo della ginestra dei carbonai (*C. scoparius*), specie invasiva originaria dell'Europa occidentale. Alla fine del 2011 però vennero osservati, sulle piante di *C. scoparius* fortemente infestate dalla psilla, anche sintomi quali crescita stentata dei germogli, internodi raccorciati, foglie piccole e punte delle foglie ingiallite che vennero associati alla presenza del batterio '*Ca.* Liberibacter europaeus'., rilevato sia nelle piante sintomatiche sia nelle psille (Thompson *et al.*, 2013). L'introduzione, quindi, di *A. spartiofila* in Nuova Zelanda ha dato origine a una nuova associazione, sconosciuta prima del 1993, tra il batterio e la psilla, e a un nuovo patosistema, in quanto '*Ca.* Liberibacter europaeus' in Europa veniva considerato più come un endofita che come un patogeno (Raddadi *et al*., 2009).

Infine, la dispersione può anche essere fortemente influenzata da fattori abiotici quali la temperatura, la pressione barometrica e il vento. Temperature più elevate tendono a favorire maggiori movimenti degli insetti e quindi maggiori spostamenti delle psille, mentre cali di pressione atmosferica di solito ne rallentano i movimenti (Martini e Stelinky, 2017).

Efficienza di trasmissione e patogenicità

L'epidemiologia delle malattie causate dai batteri trasmessi dalle psille è strettamente legata all'efficienza di trasmissione che le diverse specie o i diversi stadi

di sviluppo possono avere. Solitamente neanidi e ninfe sono considerati gli stadi cruciali per l'acquisizione sia dei fitoplasmi sia delle diverse specie di Liberibacter; al contrario gli adulti sono i maggiori responsabili della trasmissione vera e propria, avendo completato appieno il periodo di latenza, e della diffusione delle malattie, grazie anche alla loro maggiore dispersione.

Nella realtà però le interazioni vettore-pianta-patogeno che regolano l'efficienza di trasmissione sono ben più complesse. Ci possono essere, infatti, notevoli differenze sia su base geografica che in funzione delle piante ospiti. Numerose ricerche hanno messo in luce la possibile esistenza di più popolazioni di una stessa specie di vettore o di vari ceppi/aplotipi del patogeno, o ancora differenti combinazioni tra popolazioni di vettori e ceppi/aplotipi del patogeno che si traducono in diverse efficienze di trasmissione.

Per esempio, *C. melanoneura* è considerata l'unica psilla vettrice di '*Ca.* Phytoplasma mali' presente nell'Italia nord-occidentale e in Norvegia (Tedeschi *et al.*, 2002; Brede, 2017). In queste aree, dove l'insetto è equamente presente sulle due piante ospiti riconosciute, ovvero melo e biancospino, *C. melanoneura* è un vettore efficiente. Al contrario, nell'Italia nord orientale e in Germania, dove è generalmente presente simpatricamente con la congenere *C. picta*, *C. melanoneura* vive prevalentemente su biancospino e, soprattutto, risulta un vettore poco o per niente efficiente (Jarausch *et al.*, 2003, 2004, 2007, 2019; Mayer *et al.*, 2009). C'è però da dire che, sia in Norvegia che nell'Italia nord occidentale, vi è una predominanza del ceppo AT-1 del fitoplasma, mentre nell'Italia nord-orientale e in Germania predominano i ceppi AT-2 e AP (Cainelli *et al.*, 2004; Jarausch *et al*., 2000, 2004; Martini *et al*., 2008; Casati *et al.*, 2010; Baric *et al*., 2011). Si presume dunque che queste differenze possano essere dovute a diverse "razze" del vettore o più probabilmente a diverse combinazioni vettore-ceppo del fitoplasma (Jarausch *et al.*, 2019).

Nel caso invece del patosistema *A. spartiofila* – '*Ca.* Libebacter europaeus' - *C. scoparius* presente in Nuova Zelanda, nel 2014 è stato descritto, per il batterio, un aplotipo (Aplotipo B) che si differenzia da quello presente in Europa (Aplotipo A) su pero e *C. pyri*, non solo su base geografica e in funzione delle piante/psille ospiti, ma anche su base genetica (Nelson *et al.*, 2015). Recentemente però '*Ca.* Liberibacter europaeus' è stato segnalato in *A. spartiophila* e *C. scoparius* nel Regno Unito, paese di origine delle psille introdotte in Nuova Zelanda come agente di biocontrollo della ginestra dei carbonai. La similarità delle sequenze nucleotidiche del batterio del Regno Unito con quelle della Nuova Zelanda conferma la teoria di una introduzione accidentale di '*Ca.* Liberibacter europaeus' in Nuova Zelanda in occasione dell'introduzione programmata di *A. spartiophila* (Tannières *et al.*, 2020).

Più articolata invece è la situazione relativa '*Ca.* Liberibacter solanacearum' per il quale sono stati descritti diversi aplotipi con diverse distribuzioni geografiche e diverse piante ospiti che rispecchiano la distribuzione e le specializzazioni trofiche dei rispettivi vettori. *B. cockerelli* è stata riconosciuta come vettore dell'aplotipo A in America e Nuova Zelanda e dell'aplotipo B in America a solanacee (Wen *et al.,* 2009). *T. apicalis* è invece risultata essere vettrice dell'aplotipo C ad Apiacee in Nord Europa (Munyaneza *et al.*, 2010), mentre *B. trigonica* trasmette l'aplotipo D a carota (Nelson *et al*., 2013) e l'aplotipo E a carota e sedano nell'Europa meridionale e nel sud del Mediterraneo (Teresani *et al*., 2014). Infine *T. urticae* è stata recentemente descritta come possibile vettore dell'aplotipo U a *Urtica dioica* L. in Finlandia (Haapalainen, 2017). Queste diverse combinazioni tra patogeno, vettore e pianta ospite permettono di identificare dei patosistemi ben definiti e separati, ma la possibilità di punture di suzione, anche occasionali, su piante ospiti alternative potrebbero diffondere il patogeno o alcuni aplotipi a nuove colture con gravi ripercussioni dal punto di vista fitosanitario.

Considerazioni conclusive

Considerata la capacità delle psille di trasmettere numerosi batteri di interesse economico per molte colture, la comprensione delle interazioni che regolano questi fenomeni è di importanza fondamentale per una corretta ed efficace gestione delle malattie connesse. Il ciclo biologico a volte complesso di alcune specie e l'ampio *host range* di altre non sempre rendono facile lo studio dettagliato dei vari patosistemi. Una delle maggiori criticità è forse data dalle piante spontanee, ospiti sia del patogeno che del vettore, che possono fungere da sorgente d'inoculo.

Questi ospiti, spesso presenti nei bordi degli appezzamenti o tra le file delle colture, richiedono una particolare attenzione per il forte impatto che possono avere dal punto di vista epidemiologico anche su base stagionale.

RIASSUNTO

Le psille (Hemiptera: Psylloidea) sono insetti floemomizi noti come vettori di diversi batteri fitopatogeni della Classe Mollicutes (fitoplasmi) e Alphaproteobacteria ('*Ca.* Liberibacter spp.') che causano gravi malattie alle colture. La trasmissione è di tipo persistente propagativo ed è regolata da complesse interazioni che intercorrono tra pianta, vettore e patogeno. Numerosi fattori regolano queste interazioni

andando a delineare diversi scenari riguardo l'epidemiologia delle relative fitopatie.

Tra tutti, il *range* delle piante ospiti, sulle quali il vettore si sviluppa o può anche solo nutrirsi sporadicamente, è un fattore cruciale, soprattutto quando sono coinvolte anche piante spontanee che fungono da serbatoio non solo per il vettore, ma anche per il patogeno.

La dispersione del vettore, su distanze più o meno ampie, ha un ruolo fondamentale nella diffusione delle malattie ed è a sua volta regolata da diversi fattori biotici e abiotici.

Infine la presenza di più popolazioni del medesimo vettore o di più ceppi/aplotipi del patogeno, o ancora, di diverse combinazioni tra ceppi/aplotipi del patogeno e popolazioni del vettore determinano efficienze di trasmissione variabili anche su base geografica.

La conoscenza di tutte queste variabili ha importanti implicazioni per quanto riguarda la gestione fitosanitaria perché permette di intervenite in modo più mirato e tempestivo riducendo l'impatto delle malattie causate da fitoplasmi e *'Ca.* Liberibacter spp.' dove queste sono già presenti e ridurre il rischio della loro diffusione in altri areali al momento ancora indenni.

BIBLIOGRAFIA

Alfaro-Fernández A., Siverio F., Cebrián M.C., Villaescusa F.J., Font M.I., 2012 - *'*Candidatus *Liberibacter solanacearum' associated with* Bactericera trigonica*-affected carrots in the Canary Islands.* - Plant Dis., 96: 581.

Antolinez C.A., Fereres A., Moreno A., 2017 - *Risk assessment of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum' transmission by the psyllids* Bactericera trigonica *and* B. tremblayi *from Apiaceae crops to potato.* - Scientific Reports, 7: 45534.

Bale J.S., 2002 - *Insects and low temperatures: from molecular biology to distributions and abundance.* - Philos. Trans. R. Soc. Lond. B, 357: 849-862.

Baric S., Berger J., Cainelli C., Kerschbamer C., Dalla Via J., 2011 - *Molecular typing of '*Candidatus *Phytoplasma mali' and epidemic history tracing by a combined T-RFLP/VNTR analysis approach.* - Eur. J. Plant Pathol., 131(4): 573.

Ben Othmen S., Abbes K., El Imem M., Ouvrard D., Rapisarda C., Chermiti B., 2019 - Bactericera trigonica *and* B. nigricornis *(Hemiptera: Psylloidea) in Tunisia as potential vectors of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum' on Apiaceae*. - Oriental Insects, 53(4): 497-509.

Boina D.R., Meyer W.L., Onagbola E.O., Stelinski L.L., 2009 - *Quantifying dispersal of* Diaphorina citri *(Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged orchards on commercial citrus management.* - Environ. Entomol., 38: 1250-1258.

Brede Å.V., 2017 - *Phenology and Spatial Dynamics of* Cacopsylla melanoneura *(Homoptera: Psyllidae) in Western Norway, an Insect Vector for Apple Proliferation.* Master's thesis, The University of Bergen. http://hdl.handle.net/1956/16036

Burckhardt D., 1994 - *Psylloid pests of temperate and sub-tropical crop and ornamental plants (Hemiptera, Psylloidea): a review.* - Trends in Agril. Sci., Entomol., 2: 173-186.

Burckhardt D., Ouvrard D., Queiroz D., Percy D., 2014 - *Psyllid host-plants (Hemiptera: Psylloidea): resolving a semantic problem.* - Fla. Entomol., 97(1): 242-246.

Cainelli C., Bisognin C., Vindimian M.E., Grando M.S., 2004 - *Genetic variability of AP phytoplasmas detected in the apple growing area of Trentino (North Italy).* - Acta Hort., 657: 425-430.

Camerota C., Raddadi N., Pizzinat A., Gonella E., Crotti E., Tedeschi R., Mozes-Daube N., Ember I., Acs Z., Kolberm., Zchori-Fein E., Daffonchio D., Alma A., 2012 - *Incidence of '*Candidatus *Liberibacter europaeus' and phyto-plasmas in* Cacopsylla species *(Hemiptera: Psyllidae) andtheir host/shelter plants.* - Phytoparasitica, 40: 213-221.

Candian V., Monti M., Tedeschi R., 2020 - *Temporal Dynamics of '*Ca. *Phytoplasma mali' Load in the Insect Vector* Cacopsylla melanoneura. - Insects, 11(9): 592.

Capoor S.P., Rao D.B., Viswanath S.M., 1967 - Diaphorina citri, *a vector of the greening disease of citrus in India.* - Indian J. Agric. Sci., 37: 572-576.

Carraro L., Ferrini F., Ermacora P., Loi N., 2002 - *Role of wild* Prunus *species in the epidemiology of European stone fruit yellows.* - Plant Pathol., 51: 513-517.

Carraro L., Ferrini F., Labonne G., Ermacora P., Loi N., 2004 - *Seasonal infectivity of* Cacopsylla pruni*, the vector of European stone fruit yellows phytoplasma.* - Ann. Appl. Biol., 144: 191-195.

Carraro L., Loi N., Ermacora P., 2001 - *Transmission characteristics of the European stone fruit yellows phytoplasma and its vector* Cacopsylla pruni. - Eur. J. Plant Pathol., 107: 695-700.

Carraro L., Loi N., Ermacora P., Gregoris A., Osler R., 1998a - *Transmission of pear decline by using naturally infected* Cacopsylla pyri *L.* In: A. Hadidi (ed.), 17th International Symposium on Virus and Virus-Like Diseases of Temperate Fruit Crops: Fruit Tree Diseases, Vols 1 and 2; pp. 665-668.

Carraro L., Osler R., Loi N., Ermacora P., Refatti E., 1998b - *Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma by* Cacopsylla pruni. - J. Plant Pathol., 80: 233-239.

Casati P., Quaglino F., Tedeschi R., Spiga F.M., Alma A., Spadone P., Bianco P.A., 2010 - *Identification and Molecular Characterization of '*Candidatus *Phytoplasma mali' Isolates in North western Italy.* - J. Phytopathol., 158(2): 81-87.

Čermák V., Lauterer P., 2008. - *Overwintering of psyllids in South Moravia (Czech Republic) with respect to the vectors of the apple proliferation cluster phytoplasmas*. - Bull. Insectology, 61(1): 147-148.

Cooper W.R., Horton D.R., Miliczky E., Wohleb C.H., Waters T.D., 2019 - *The weed link in zebra chip epidemiology: Suitability of non-crop Solanaceae and Convolvulaceae to potato psyllid and "*Candidatus *Liberibacter solanacearum"*. – Am. J. Potato Res., 96(3): 262-271.

Davies D.L., Guise C.M., Clark M.F., Adams A.N., 1992 - *Parrys disease of pears is similar to pear decline and is associated with mycoplasma-like organisms transmitted by* Cacopsylla pyricola. - Plant Pathol., 41: 195-203.

Gallinger J., Gross J., 2018 - *Unraveling the host plant alternation of* Cacopsylla pruni*–adults but not nymphs can survive on conifers due to phloem/xylem composition*. - Front. Plant Sci., 9: 484.

Haapalainen M, 2014 - *Biology and epidemics of* Candidatus *Liberibacter species, psyllid-transmitted plant-pathogenic bacteria.* - Ann. Appl. Biol., 165: 172-198.

Haapalainen M., Wang J., Latvala S., Lehtonen M.T., Pirhonen M., Nissinen A.I., 2018 - *Genetic variation of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum' haplotype C and*

characterization of a novel haplotype from Trioza urticae *and stinging nettle.* - Phytopathology, 108(8): 925-934.

Hodkinson I.D., 2009 - *Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis.* - J. Nat. Hist., 43: 65-179.

Horton D.R., 1999 - *Monitoring of pear psylla for pest management decisions and research.* - Integrated Pest Manage. Rev., 4: 1-20.

Horton D.R., Cooper W.R., Munyaneza J.E., Swisher K.D., Echegaray E.R., Murphy A.F., Rondon S.I., Wohleb C.H., Waters T.D., Jensen A.S., 2015 - *A new problem and old questions: potato psyllid in the Pacific Northwest.* - Am. Entomol., 61(4): 234-244.

Jarausch W., Saillard C., Helliot B., Garnier M., Dosba F., 2000 - *Genetic variability of apple proliferation phytoplasmas as determined by PCR-RFLP and sequencing of a non-ribosomal fragment.* - Mol. Cell. Probes, 14(1): 17-24.

Jarausch B., Fuchs A., Schwind N., Krczal G., Jarausch W., 2007 - Cacopsylla picta *as most important vector for "*Candidatus *Phytoplasma mali" in Germany and neighbouring regions.* - Bull. Insectology, 60(2): 189-190.

Jarausch B., Schwind N., Jarausch W., Krczal G., 2004 - *Overwintering adults and springtime generation of* Cacopsylla picta *(synonym* C. costalis*) can transmit apple proliferation phytoplasmas.* - Acta Hortic., 657: 409-413.

Jarausch B., Schwind N., Jarausch W., Krczal G., Seemüller E., Dickler E., 2007 - *First report of* Cacopsylla picta *as a vector for apple proliferation phytoplasma in Germany.* - Plant Dis., 87: 101.

Jarausch B., Tedeschi R., Sauvion N., Gross J., Jarausch W., 2019 - *Psyllid vectors.* In: Phytoplasmas: plant pathogenic Bacteria-II (pp. 53-78). Springer, Singapore.

Johnston N., Stansly P.A., Stelinski L.L., 2019 - *Secondary hosts of the Asian citrus psyllid,* Diaphorina citri *Kuwayama: survivorship and preference.* - J. Appl. Entomol., 143(9): 921-928.

Kristoffersen L., Anderbrant O., 2005 - *Winter host ecology of the carrot psyllid (*Trioza apicalis*).* - Comptes Redus de la Réunion, 28(4): 129-132.

Kristoffersen L., Anderbrant O., 2007 - *Carrot psyllid (*Trioza apicalis*) winter habitats–insights in shelter plant preference and migratory capacity.* - J. Appl. Entomol., 131(3): 174-178.

Lewis-Rosenblum H., Martini X., Tiwari S., Stelinski L.L., 2015 - *Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian citrus psyllid in Florida citrus.* - J. Econ. Entomol., 208: 3-10.

Malagnini V., Pedrazzoli F., Papetti C., Cainelli C., Zasso R., Gualandri V., Pozzebon A., Ioriatti C., 2013 - *Ecological and genetic differences between* Cacopsylla melanoneura *(Hemiptera, Psyllidae) populations reveal species host plant preference.* - PloS ONE, 8(7): e69663.

Mann R.S., Ali J.G., Hermann S.L., Tiwari S., Pelz-Stelinski K.S., Alborn H.T., Stelinski L.L., 2012 - *Induced release of a plant-defense volatile 'deceptively' attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen*. - PLoS Pathog., 8: e1002610.

Martini M., Ermacora P., Falginella L., Loi N., Carraro L., 2008 - *Molecular differentiation of '*Candidatus *Phytoplasma mali' and its spreading in Friuli Venezia Giulia Region (North-East Italy)*. - Acta Horticulturae, 781: 395-402.

Martini X., Hoyte A., Stelinski L.L., 2014 - *Abdominal color of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Leviidae) is associated with flight capabilities*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 107: 842-847.

Martini X., Kuhns E.H., Hoyte A., Stelinski L.L., 2014 - *Plant volatiles and density-dependent conspecific female odors are used by Asian citrus psyllid to evaluate host suitability on a spatial scale.* - Arthropod-Plant Interact., 8(5): 453-460.

Martini X., Stelinski L.L., 2017 - *Influence of abiotic factors on flight initiation by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae).* - Environ. Entomol., 46: 369-375.

Mayer C.J., Jarausch B., Jarausch W., Jelkmann W., Vilcinskas A., Gross J., 2009 - Cacopsylla melanoneura *has no relevance as vector of apple proliferation in Germany.* - Phytopathology, 99(6):729-738.

Mayer C.J., Vilcinskas A., Gross J., 2011 - *Chemically mediated multitrophic interactions in a plant–insect vector phytoplasma system compared with a partially non-vector species.* - Agric. Forest Entomol., 13(1): 25-35.

Munyaneza J.E., Crosslin J.M., Upton J.E., 2007 - *Association of* Bactericera cockerelli *(Homoptera: Psyllidae) with "zebrachip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico.* - J. Econ. Entomol., 100: 656-663.

Munyaneza J.E., Fisher T., Sengoda V.G., Garczynski S., Nissi-Nen A., Lemmetty A., 2010 - *Association of "*Candidatus *Liberibacter solanacearum" with the Psyllid,* Trioza apicalis *(Hemiptera: Triozidae) in Europe.* - J. Econ. Entomol., 103: 1060-1070.

Munyaneza J.E., Mustafa T., Fisher T.W., Sengoda V.G., Horton D.R., 2016 - *Assessing the Likelihood of Transmission of* Candidatus *Liberibacter solanacearum to Carrot by Potato Psyllid,* Bactericera cockerelli *(Hemiptera: Triozidae).* - PLoS ONE 11(8): e0161016.

Munyaneza J.E., Swisher K.D., Hommes M., Willhauck A., Buck H., Meadow R., 2015 - *First report of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum' associated with psyllid-infested carrots in Germany.* - Plant Dis., 99(9): 1269.

Nelson W.R., 2015 - *Haplotypes of "*Candidatus *Liberibacter europaeus" also separate by geography and host species.* - PeerJ PrePrints 3: e649v2

Nelson W.R., Sengoda V.G., Alfaro-Fernandez A.O., Font M.I., Crosslin J.M., Munyaneza J.E., 2013 - *A new haplotype of "*Candidatus *Liberibacter solanacearum" identified in the Mediterranean region.* - Eur. J. Plant Pathol., 135(4): 633-639.

Oppedisano T., Panassiti B., Pedrazzoli F., Mittelberger C., Bianchedi P.L., Angeli G., De Cristofaro A., Janik K., Anfora G., Ioriatti C., 2020 - *Importance of psyllids' life stage in the epidemiology of apple proliferation phytoplasma.* - J. Pest Sci., 93(1): 49-61.

Pizzinat A., Tedeschi R., Alma A., 2011 - Cacopsylla melanoneura *(Foerster): aestivation and overwintering habitats in Northwest Italy.* - Bull. Insectology, 64 (Supplement): S135-S136.

Raddadi N., Gonella E., Camerota C., Pizzinat A., Tedeschi R., Crotti E., Mandrioli M., Bianco P.A., Daffonchio D., Alma A., 2011 - *'*Candidatus *Liberibacter europaeus' sp. nov. that is associated with and transmitted by the psyllid* Cacopsylla pyri *apparently behaves as an endophyte rather than a pathogen.* - Environ. Microbiol., 13: 414-426.

Rizza S., Rossi M., Spallino R.E., Tedeschi R., Marzachì C., Catara V., Tessitori M., 2020 - *Ecology based analysis of a recent association between* Spartium junceum *and 16SrV phytoplasma*. - Plant Pathol., 2020 (00): 1-13. https://doi.org/10.1111/ppa.13300.

Sabaté J., Laviña A., Batlle A., 2016 - *Incidence and distribution of '*Candidatus *Phytoplasma prunorum' and its vector* Cacopsylla pruni *in Spain: an approach to the epidemiology of the disease and the role of wild* Prunus*.* - Plant Pathol., 65(5): 837-846.

Stelinski L.L., 2019 - *Ecological aspects of the vector-borne*

bacterial disease, citrus greening (Huanglongbing): dispersal and host use by Asian citrus psyllid, Diaphorina citri *Kuwayama.* - Insects, 10(7): 208.

SWISHER K.D., MUNYANEZA J.E., VELASQUEZ-VALLE R., MENA-COVARRUBIAS J., 2018 - *Detection of Pathogens Associated with Psyllids and Leafhoppers in* Capsicum annuum *L. in the Mexican States of Durango, Zacatecas, and Michoacán.* - Plant Dis., 102(1): 146-153

TANNIÈRES M., FOWLER S.V., MANAARGADOO-CATIN L., LANGE C., SHAW R., 2020 - *First report of '*Candidatus *Liberibacter europaeus' in the United Kingdom.* - New Dis. Rep., 41: 3-3.

TEDESCHI R., ALMA A., 2004 - *Transmission of apple proliferation phytoplasma by* Cacopsylla melanoneura *(Homoptera: Psyllidae).* - J. Econ. Entomol., 97(1): 8-13.

TEDESCHI R., BOSCO D., ALMA A., 2002 - *Population dynamics of* Cacopsylla melanoneura *(Homoptera: Psyllidae), a vector of apple proliferation phytoplasma in northwestern Italy.* - J. Econ. Entomol. 95: 544-551.

TEDESCHI R., LAUTERER P., BRUSETTI L., TOTA F., ALMA A., 2009 - *Composition, abundance and phytoplasma infection in the hawthorn psyllid fauna of northwestern Italy.* - Eur. J. Plant Pathol., 123: 301-310.

TEDESCHI R., VISENTIN C., ALMA A., BOSCO D., 2003 - *Epidemiology of apple proliferation (AP) in northwestern Italy: evaluation of the frequency of AP-positive psyllids in naturally infected populations of* Cacopsylla melanoneura *(Homoptera: Psyllidae).* - Ann. Appl. Biol., 142: 285-290.

TERESANI G.R., BERTOLINI E., ALFARO-FERNÁNDEZ A., MARTÍNEZ C., TANAKA F.A.O., KITAJIMA E.W., ROSELLO M., SANJUAN S., FERRANDIZ J.C., LOPEZ M.M., CAMBRA M., FONT M.I., 2014 -. *Association of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum' with a vegetative disorder of celery in Spain and development of a real-time PCR method for its detection.* - Phytopathology, 104(8): 804-811.

TERESANI G., HERNANDEZ E., BERTOLINI E., SIVERIO F., MARROQUIN C., MOLINA J., HERMOSO DE MENDOZA A., CAMBRA M., 2015 - *Search for potential vectors of '*Candidatus *Liberibacter solanacearum': Population dynamics in host crops.* - Span. J. Agric. Res., 13: e10-002.

THEBAUD G., YVON M., ALARY R., SAUVION N., LABONNE G., 2009 - *Efficient transmission of '*Candidatus *Phytoplasma prunorum' is delayed by eight months due to a long latency in its host-alternating vector.* - Phytopathology, 99(3): 265-273.

THOMPSON S., FLETCHER J.D., ZIEBELL H., BEARD S., PANDA P., JOR-GENSEN N., FOWLER S.V., LIEFTING L.W., BERRY N., PITMAN A.R., 2013 - *First report of '*Candidatus *Liberibacter europaeus' associated with psyllid infested Scotch broom.* - New Dis. Rep., 27: 6

VAN DEN BERG M.A., VAN VUUREN S.P., DEACON V.E., 1992 - *Studies on greening disease transmission by the citrus psylla,* Trioza erytreae *(Hemiptera: Triozidae).* - Israel J. Entomol., 25-26: 51-56.

WEN A., MALLIK I., ALVARADO V.Y., PASCHE J.S., WANG X., LI W., LEVY L., LIN H., SCHOLTHOF H.B., MIRKOV T.E., RUSH C.M., GUDMESTAD N.C., 2009 - *Detection, distribution, and genetic variability of '*Candidatus *Liberibacter' species associated with zebra complex disease of potato in North America.* - Plant Dis., 93(11): 1102-1115.

WENNINGER E.J., HALL D.G., 2008 - *Importance of multiple mating to female reproductive output in* Diaphorina citri. - Physiol. Entomol., 33(4): 316-321.

WENNINGER E.J., HALL D.G., MANKIN R.W., 2009 - *Vibrational communication between the sexes in* Diaphorina citri *(Hemiptera: Psyllidae).* - Ann. Entomol. Soc. Am., 102(3): 547-555.

YAMAMOTO P.T., FELIPPE M.R., GARBIM L.F., COELHO J.H.C., XIMENES N.L., MARTINS E.C., LEITE A.P.R., SOUSA M.C., ABRAHÃO D.P., BRAZ J.D., 2006 - Diaphorina citri *(Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae): Vector of the bacterium* Candidatus *Liberibacter americanus;* page 96. In: Proc. of the Huanglongbing-Greening Intl. Workshop, July 16-20, 2006, Ribeirão Preto, Brazil.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 137-144

VETTORI DI *XYLELLA FASTIDIOSA* IN EUROPA: UNA PROSPETTIVA ECOLOGICA SU TRASMISSIONE ED EPIDEMIOLOGIA

NICOLA BODINO[a]

[a]*Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, IPSP-CNR, Torino, Italia*
Email: nicola.bodino@ipsp.cnr.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 21 febbraio 2020.

Insect vectors of Xylella fastidiosa *in Europe: an ecological perpective on trasmission and epidemiology*

The exotic bacterium *Xylella fastidiosa* (*Xf*) — the causal agent of the Olive Quick Decline Syndrome (OQDS) in Apulia — is transmitted in Europe by spittlebugs belonging to the Aphrophoridae family (Hemiptera: Cercopoidea). In American *Xf* pathosystems the key vector species are instead sharpshooters (Hemiptera: Cicadellidae: Cicadellinae). Several aspects of the ecology and behaviour of European vectors are poorly known, in spite of their epidemiological importance. Characteristics of vector insects in European agroecosystems such as biogeography, phenology, responses to environmental variables at the ecosystem level and nutritional preferences are discussed. The ecology of insect vectors strongly influences the pattern of *Xf* spread, as well as the development of environmentally-sound integrated control strategies against the spittlebug-*Xylella* association. The influence of vector phenology, host plant association and shifting, feeding behaviour and landscape pattern on the spread of *X. fastidiosa* is examined and discussed with particular regard to the olive grove agroecosystem.

KEY WORDS: *Xylella fastidiosa*, spittlebugs, insect vectors, ecological epidemiology

INTRODUZIONE

Gli insetti fitomizi sono responsabili della trasmissione di batteri vascolari fitopatogeni e dunque protagonisti fondamentali della loro diffusione. Gli agenti patogeni e i loro vettori costituiscono patosistemi spesso complessi, caratterizzati da interazioni con altri componenti ecosistemici, quali piante ospiti e ambiente.

Il crescente aumento di introduzioni di patogeni ed insetti potenziali vettori esotici in tutto il mondo sta contribuendo alla formazione di nuovi patosistemi, generati dall'incontro tra organismi alieni e agroecosistemi differenti da quelli di origine, spesso contraddistinti da dinamiche di trasmissione e diffusione diverse rispetto agli areali di origine (MEENTEMEYER *et al.*, 2012; DAUGHERTY & ALMEIDA, 2019). L'imprevedibilità dei nuovi cicli epidemiologici e le caratteristiche ecologiche di patosistemi di recente formazione e in veloce evoluzione sono di difficile interpretazione, nonostante le interazioni tra le diverse componenti siano elementi fondamentali nel determinare diffusione ed epidemiologia dell'agente patogeno (SICARD *et al.*, 2018). Una conoscenza approfondita delle dinamiche e interazioni che caratterizzano un patosistema è condizione necessaria per elaborare predizioni affidabili su sviluppi futuri delle malattie trasmesse da artropodi ed elaborare modalità di controllo efficaci e utili in diverse contesti.

IL BATTERIO ESOTICO *XYLELLA FASTIDIOSA*

Xylella fastidiosa Wells (Xanthomonadales: Xanthomonadaceae) è un batterio fitopatogeno di origine americana, riconosciuto come agente causale di gravi fitopatie epidemiche, sia in America settentrionale e meridionale, sia in aree di recente introduzione, dove si sono originati patosistemi con piante ospiti e insetti vettori differenti rispetto agli areali di origine (SICARD *et al.*, 2018; LANDA *et al.*, 2019). *Xylella fastidiosa* è un batterio gram negativo, associato esclusivamente ai vasi xilematici delle piante ospiti. Unica specie ascritta al genere *Xylella*, è caratterizzata da un'ampia diversità genetica. Sono ufficialmente riconosciute tre sottospecie (*X. fastidiosa* subspp. *fastidiosa*, *multiplex*, e *pauca*), e altre sono state proposte (*X. fastidiosa* subspp. *sandyi* e *morus*) (VANHOVE *et al.*, 2019; LANDA *et al.*, 2019). Le differenti sottospecie del batterio hanno tutte avuto origine allopatrica nel continente americano, con differenti espansioni e introduzioni nel corso del tempo sia intra- e intercontinentali (VANHOVE *et al.*, 2019). La grande diversità genetica e la conseguente plasticità di questo batterio concorrono a determinare una gamma eccezionalmente ampia di piante ospiti, sia arboree ed erbacee (≈ 600 specie) (EFSA, 2020). Tuttavia, le sottospecie e ancor più le varianti genetiche definite sulla base di multilocus sequence typing (ST) sono caratterizzate da un numero di piante ospiti molto variabile (NUNNEY *et al.*, 2019).

– Pubblicato marzo 2021

Xylella fastidiosa si comporta da commensale nella maggior parte degli ospiti vegetali, non provocando danni rilevanti all'ospite grazie a processi di autolimitazione della colonizzazione dei vasi xilematici. Il batterio tuttavia può esprimere fenotipi virulenti in alcune specie vegetali, colonizzando estensivamente i vasi xilematici e portando a interruzioni del flusso di xilema. Inoltre, la presenza di determinati fenotipi del batterio induce meccanismi di difesa da parte della pianta ospite che occludono ulteriormente i vasi xilematici, esacerbando i sintomi legati a stress idrico, arrecando estesi disseccamenti alla chioma ed eventualmente provocando la morte della pianta ospite (Roper *et al.*, 2019). L'espressione di fenotipi virulenti e i conseguenti disequilibri batterio-pianta si verificano con ospiti vegetali che non hanno processi coevolutivi in comune con il batterio (Castillo *et al.*, 2020). Alcune delle malattie economicamente più rilevanti associate a *X. fastidiosa* sono la malattia di Pierce (Pierce's Disease) su vite in Nord America e la clorosi variegata degli agrumi (Citrus Variegated Chlorosis) in Brasile, responsabili di gravissime perdite nelle industrie vinicola e agrumaria del Nuovo Mondo (Almeida *et al.*, 2005; Coletta-Filho *et al.*, 2020).

La presenza di *X. fastidiosa* in Europa è stata confermata per la prima volta nel 2013 su olivo in Puglia, a seguito di indagini volte a individuare le cause della patologia denominata "Disseccamento rapido dell'olivo" (OQDS – Olive Quick Decline Syndrome), emersa sul finire del primo decennio del XXI secolo (Saponari *et al.*, 2019). L'identificazione di *X. fastidiosa* subsp. *pauca* (ST53) come agente causale della grave emergenza fitosanitaria che interessa gli olivi pugliesi ha contribuito in modo fondamentale a far assurgere questo patogeno ad importanza globale (EFSA 2018). Le campagne di monitoraggio promosse dall'Unione Europea nei paesi comunitari hanno condotto all'identificazione di tutte e tre le sottospecie di *X. fastidiosa* ufficialmente riconosciute e la subsp. sandyi in diversi focolai e aree infette (Fig. 1), risultato di differenti introduzioni sia recenti (Spagna, Italia) sia passate inosservate anche per decenni (Corsica) (Soubeyrand *et al.*, 2018; Landa *et al.*, 2019). Italia, Spagna, Francia, Portogallo sono al momento le nazioni europee con focolai attivi di *X. fastidiosa*, attualmente in eradicazione

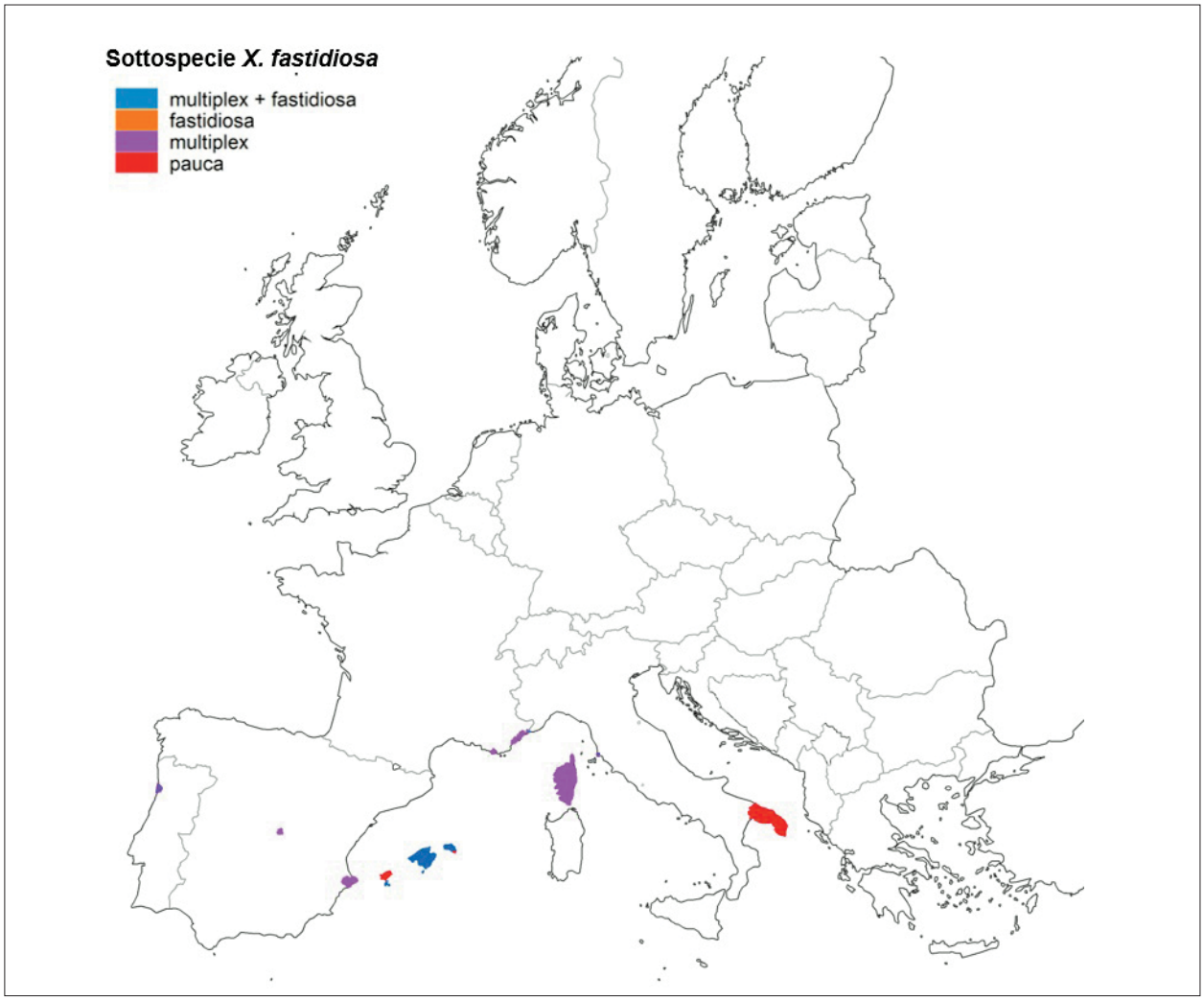

Fig. 1 – Aree infette da *Xylella fastidiosa* in Europa (2020). La subsp. sandyi non è mostrata in quanto non identificata in pieno campo.

o in contenimento (Fig. 1). Il genotipo *X. fastidiosa* subsp. pauca ST53 è stato al momento identificato solamente in Puglia e, limitatamente a poche piante ornamentali, a Menton, in Costa Azzurra. La sottospecie maggiormente diffusa nel bacino mediterraneo è invece *X. fastidiosa* subsp. multiplex, il cui ceppo ST6 è responsabile della patologia Almond Leaf Scorch (ALF) su mandorli in Spagna (EFSA 2019).

Insetti vettori e loro ruolo epidemiologico in Europa

Xylella fastidiosa, colonizzando esclusivamente i vasi xilematici delle piante ospiti, è trasmessa da insetti xilemomizi, ovvero Emitteri Cicadomorpha appartenenti alle superfamiglie Membracoidea e Cercopoidea (Redak *et al.*, 2004). Tra i Membracoidea solamente le specie appartenenti alla sottofamiglia Cicadellinae (Hemiptera: Cicadellidae) sono xilemomize. Al contrario, le specie appartenenti alle superfamiglie Cercopoidea, così come quelle dei Cicadoidea, hanno tutte comportamento nutrizionale xilemomizo (Bosco, 2015).

Le caratteristiche della trasmissione di *X. fastidiosa* ad opera degli insetti vettori presentano aspetti intermedi rispetto alla classica definizione di trasmissione persistente/non persistente. Il batterio è infatti in grado di moltiplicarsi all'interno dell'ospite, e dunque l'insetto vettore allo stadio adulto rimane infettivo per tutta la vita (*trasmissione persistente*), il batterio rimane però confinato nello stomodeo (precibario) dell'insetto ospite ed è quindi perso durante le mute (assenza di trasmissione trans-stadiale), inoltre il vettore è in grado di trasmette il patogeno immediatamente dopo l'acquisizione senza la necessità di una fase di latenza (*trasmissione non persistente*). La specificità di trasmissione da parte di insetti vettori è stata a lungo considerata limitata al comportamento nutrizionale xilemomizo, date le caratteristiche di trasmissione non persistente e l'assenza di adattamenti specifici per diffondersi nel corpo del vettore (Almeida *et al.*, 2005). Tuttavia, le relazioni batterio-insetto sono probabilmente più complesse di quanto precedentemente immaginato. Per esempio, la cuticola dell'insetto ospite rappresenta un substrato non solo di ancoraggio ma anche nutritizio per il batterio, fornendo energia necessaria per la moltiplicazione e persistenza del batterio nell'apparato boccale del vettore (Killiny & Almeida, 2009; Labroussaa *et al.*, 2017). Anche la morfologia di alcuni parti dell'apparato boccale influisce fortemente sulle dinamiche dei fluidi acquisiti e rilasciati, determinando differenti entità di popolazioni batteriche e probabilità di distacco di cellule infettive durante la nutrizione (Ranieri *et al.*, 2019). Simili interazioni batterio-vettore possono quindi differire fortemente tra specie diverse di insetti xilemomizi, influenzando capacità ed efficienza di trasmissione del patogeno. Il ruolo delle cicale, sospettate di trasmettere *X. fastidiosa* (Krell *et al.*, 2007), non è stato ad oggi confermato e, in particolare, *Cicada orni* (L.) (Hemiptera: Cicadidae) non è risultata in grado di trasmettere *X. fastidiosa* subsp. pauca ST53 a olivo (Cornara *et al.*, 2020).

Il ruolo epidemiologico degli insetti vettori tuttavia non si limita esclusivamente alla capacità di acquisire e trasmettere il batterio. La trasmissione e la diffusione di un agente patogeno in un agroecosistema sono infatti eventi che necessitano che il vettore sia presente nell'agroecosistema, si nutra su piante infette e si sposti su piante sane in una finestra temporale adatta ad una efficiente inoculazione del batterio. Numerosi fattori bioecologici concorrono quindi a influenzare le probabilità di incontro tra il patogeno, il vettore e la pianta ospite, determinando l'epidemiologia di *X. fastidiosa* negli agroecosistemi europei.

Biodiversità e biogeografia

Le sputacchine (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae) sono il gruppo principale di xilemomizi in Europa e i principali, se non unici, vettori di *X. fastidiosa* in Europa (Cornara *et al.*, 2019). I cicadellini, principali vettori del batterio nel continente americano, sono infatti un gruppo tassonomico relativamente poco rappresentato nel vecchio continente, essendo note circa 8 specie, contro le 1450 note nelle Americhe (Redak *et al.*, 2004; De Jong *et al.*, 2014). *Cicadella viridis* (L.) (Hemiptera: Cicadellidae) è l'unica specie europea piuttosto diffusa e localmente abbondante, tuttavia non è presente in ambienti mediterranei secchi dove si trovano i focolai noti di *X. fastidiosa* in Europa (Cornara *et al.*, 2019; Markheiser *et al.*, 2020). Sia *C. viridis* e il cicadellidae esotico *Graphocephala fennahi* Young sono comunque localmente abbondanti in Europa continentale e potrebbero rappresentare dei possibili vettori di *X. fastidiosa* in tali zone, anche se *C. viridis* non sembra un vettore efficiente del batterio (Markheiser *et al*. 2020; Bodino *et al*., in preparazione). Gli Aphrophoridae sono presenti in tutta Europa con circa 36 specie, anche se le specie molto diffuse e abbondanti sono relativamente poche (Cornara *et al.*, 2019). Sono note tre specie di sputacchine in grado di trasmettere sperimentalmente *X. fastidiosa* ssp. pauca ST53: *Philaenus spumarius* (L.) (Fig. 2), *Philaenus italosignus* Drosopolous & Remane e *Neophilaenus campestris* (Fallén) (Cavalieri *et al.,* 2019). L'abbondanza e distribuzione delle sputacchine non è costante in area mediterranea, in oliveti italiani e greci la specie più abbondante è *P. spumarius* (Tsagkarakis *et al.*, 2018; Bodino *et al.*, 2019), mentre in Spagna la specie dominante è *N. campestris* (Morente *et al.*, 2018). *Philaenus spumarius* è la sputacchina più diffusa e abbondante nel continente europeo, ed è caratterizzata da un elevata polifagia

Fig. 2 – Adulto di *Philaenus spumarius*.

sia durante gli stadi giovanili che allo stadio adulto. Può essere inoltre abbondante su chiome di olivo ed è considerato il principale vettore di *X. fastidiosa* in Puglia (Cornara *et al.*, 2018). *Neophilaenus campestris* è invece una sputacchina associata a monocotiledoni durante gli stadi giovanili e durante lo stadio adulto si trova principalmente su Poaceae e conifere, nonostante possa occasionalmente visitare gli olivi, di solito con basse densità (Morente *et al.*, 2018). *Philaenus italosignus* è una specie endemica italiana, distribuita nel centro-sud della penisola, caratterizzata da stadi ninfali associati esclusivamente ad *Asphodelus ramosus* L. Gli adulti tuttavia possono visitare le chiome degli olivi e, in oliveti caratterizzati da una copertura erbacea con molti asfodeli, questa specie può diventare la specie xilemomiza dominante nell'agroecosistema oliveto (Panzavolta *et al.*, 2019).

Composizione agroecosistema e paesaggio

La diversità tassonomica e densità dei cercopoidei varia spesso in modo significativo, non solo a livello biogeografico, ma anche a scale spaziali più piccole, in funzione della composizione e della struttura del paesaggio. Ad esempio, le popolazioni di *P. spumarius* tendono a essere più abbondanti in oliveti inseriti in un contesto paesaggistico dominato da oliveti, mentre le densità del vettore diminuiscono quando gli oliveti sono circondati da agroecosistemi con gestione più intensiva, quali i vigneti (Santoiemma *et al.*, 2019). Tuttavia, vigneti a gestione biologica e integrata possono presentare popolazioni di vettori abbondanti (Bodino *et al.*, in preparazione). In generale, agroecosistemi diversificati e con componenti erbacee ed arboree sembrano favorire alte densità di sputacchine, grazie alla presenza sia di coperture erbacee poco disturbate utili allo sviluppo degli stadi giovanili, sia di essenze selvatiche legnose che rappresentano utili rifugi per gli adulti durante i mesi estivi (Bodino *et al.*, 2020a). Le zone rifugio costituite da alberi e arbusti selvatici aumentano il rischio di diffusione del batterio, fornendo un riparo spesso fondamentale per il completamento del ciclo degli insetti vettori e rappresentando dei rifugi (reservoirs) per *X. fastidiosa*, dato che diverse piante tipiche della macchia mediterranea possono essere ospiti del batterio esotico (Soubeyrand *et al.*, 2018; EFSA, 2020; White *et al.*, 2020). Tali considerazioni sottolineano l'importanza delle caratteristiche a livello paesaggistico e di agroecosistema nel determinare l'abbondanza degli insetti vettori e conseguentemente del batterio patogeno. Un'attenta valutazione dell'agroecosistema e del paesaggio agricolo è quindi un passo fondamentale nella stima del rischio associato all'introduzione di *X. fastidiosa* e nell'elaborazione di strategie di gestione delle componenti vegetazionali adatte a contenere efficacemente le popolazioni dei vettori e l'espansione dei focolai di infezione.

Fenologia e ciclo biologico

Il ciclo biologico e la fenologia degli insetti xilemomizi sono in una certa misura variabili tra specie, aree ed ecosistemi diversi, dando luogo a differenze significative nei momenti e nell'intensità dei picchi di popolazione dei vettori di *X. fastidiosa* sulle colture di interesse (Morente *et al.*, 2018; Bodino *et al.*, 2019). Tali aspetti biologici possono essere influenzati sia da variabili ambientali (e.g. temperatura), sia da pratiche agricole quali sfalcio e aratura. Le lavorazioni del terreno durante il periodo primaverile possono ridurre in modo drastico le popolazioni giovanili di sputacchine e rappresentano il più efficace metodo di lotta contro i vettori, purché effettuate durante una finestra temporale adatta, in cui tutte le uova si siano schiuse e non siano ancora presenti gli adulti (*EU 2015/789*, 2015; Bodino *et al.*, 2019). Gli effetti di simili lavorazioni del terreno durante il periodo di vita adulta degli insetti sono ancora poco chiari, infatti le densità di sputacchine adulte nell'agroecosistema non sono ridotte da questi interventi, anzi essi possono potenzialmente spostarsi dallo strato erbaceo alla coltura, portando quindi a un aumento della trasmissione del batterio (Bodino *et al.*, 2020a). In Puglia, in assenza di disturbi antropici, *P. spumarius* si sposta sulle chiome di olivo poco dopo lo sfarfallamento degli adulti, in maggio, e rimane sulla coltura in alte densità fino inizio estate (fine giugno – inizio luglio), diminuendo drasticamente durante il periodo estivo (Fig. 3). In aree olivicole più temperate, e.g. Liguria, le sputacchine tendono a rimanere sulle chiome degli olivi più a lungo, anche fino alla fine del periodo estivo (Bodino *et al.*, 2019). È evidente inoltre che la permanenza degli adulti sugli ospiti erbacei durante i mesi estivi è impedita dal disseccamento generalizzato della copertura erbacea che si verifica in ambiente mediterraneo, ma non in ambienti temperati con estati sufficientemente piovose.

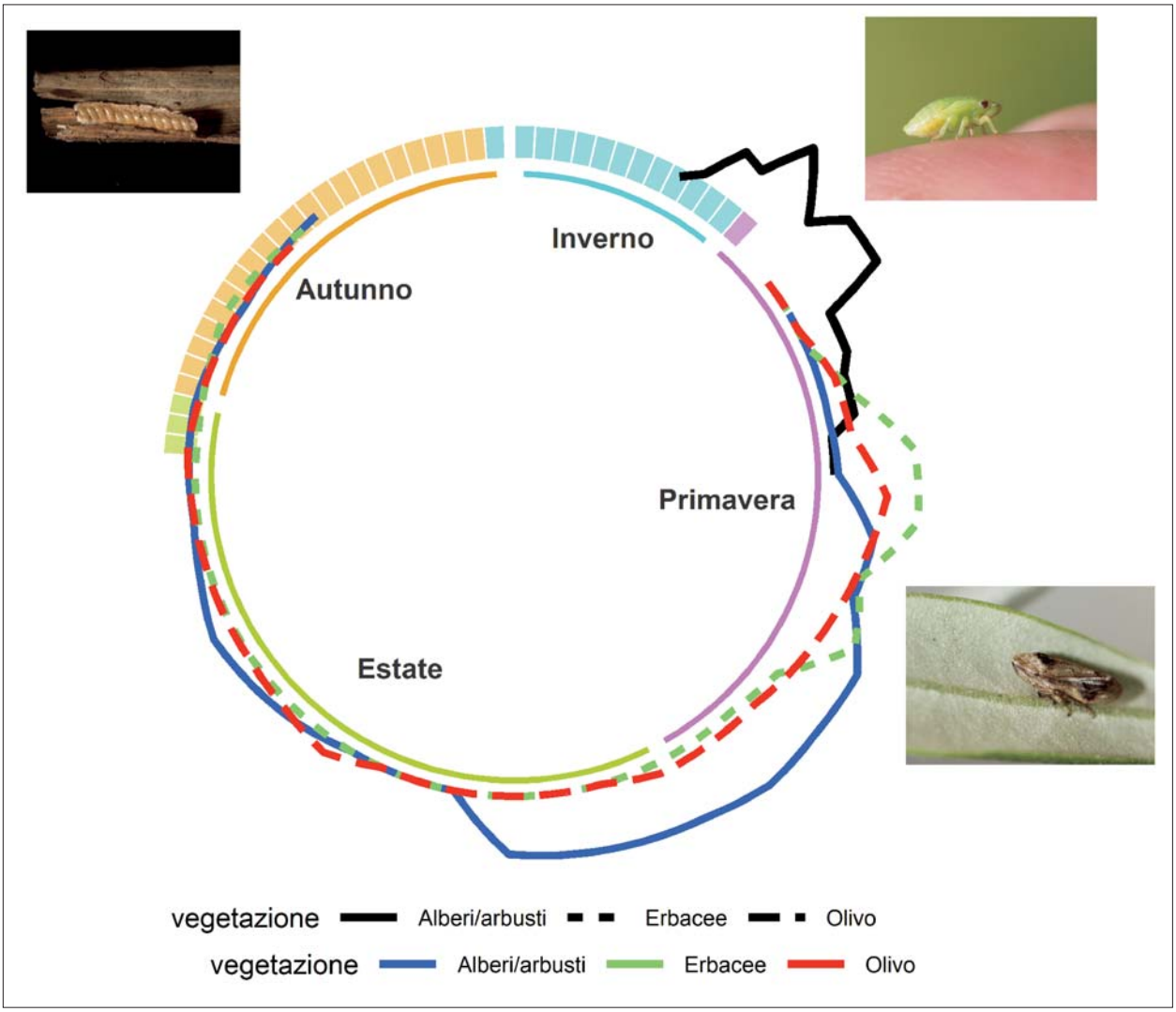

Fig. 3 – Ciclo biologico di *Philaenus spumarius* in oliveto in Puglia. Le barre rappresentano la presenza di uova deposte in campo nel periodo invernale. La linea continua nera rappresenta l'abbondanza degli stadi ninfali, mentre le linee colorate rappresentano le densità dello stadio adulto su diversi compartimenti vegetazionali presenti in oliveto. Dati non in scala tratti da Bodino *et al*. 2019.

I momenti e le durate dei periodi di picco di densità dei vettori sulle colture sono momenti chiave per la trasmissione e diffusione del batterio, pertanto differenze nella durata e intensità di tali picchi popolazionali possono fortemente influenzare le dinamiche epidemiologiche delle patologie legate a *X. fastidiosa*. Differenze marcate nella fenologia delle sputacchine in aree diverse sono pertanto da valutarsi attentamente nello sviluppo di modelli predittivi e strategie di gestione del batterio.

Capacità Movimento

Le capacità di movimento e dispersione dello stadio adulto dei vettori sono caratteristiche fondamentali nel determinare la diffusione di *X. fastidiosa* su scala agroecosistemica e influenzano fortemente le misure di controllo da adottare in caso di nuovi focolai. Tali caratteristiche sono state poco studiate per quanto riguarda gli Aphrophoridae prima dell'introduzione di *X. fastidiosa* in Europa. Un recente studio stima la capacità di dispersione mediana giornaliera di *P. spumarius* in poche decine di metri al giorno e alcune centinaia metri nel corso dell'intera vita adulta (stimata in circa 210 giorni) (Bodino *et al*, 2020b). Tuttavia, le capacità di spostamento di questi insetti possono variare tra ambienti e periodi dell'anno differenti. La capacità di dispersione di *P. spumarius* è infatti maggiore in ambiente prativo rispetto all'agroecosistema oliveto (Bodino *et al*, 2020b), inoltre le sputacchine potrebbero essere in grado di movimenti di entità maggiori durante fasi di migrazione su ospiti alternativi, come la possibile estivazione su piante selvatiche fanerofite (Drosopoulos, 2003; Bodino *et al.*, 2019). Ad esempio, *N. campestris* è in grado di muoversi per oltre 2 km in 20 giorni per raggiungere aree con presenza di conifere (Lago *et al.*, 2020). L'importanza epidemiologica di simili movimenti nella diffusione di *X. fastidiosa* e nella

creazione e mantenimento di reservoirs del batterio è comunque ancora poco conosciuta. Spostamenti a lungo raggio, sia di natura antropica che causati da movimenti naturali potrebbero avere un grande impatto sulla diffusione di *X. fastidiosa*, creando nuovi focolai a grande distanza e determinando un rapido ampliamento dell'area infetta o a rischio di infezione, con pesanti ricadute sulle possibilità e costi di gestione delle epidemie (Strona *et al*, 2020).

Comportamento nutrizionale

Il comportamento nutrizionale degli insetti vettori ha un ruolo fondamentale sia direttamente, determinando le modalità e l'efficienza di trasmissione del batterio dall'apparato boccale del vettore ai vasi xilematici della pianta ospite, sia indirettamente, contribuendo a determinare le preferenze di piante ospiti e di specifiche parti delle piante (e.g. gemme, piccioli). Specie differenti di xilemomizi possono avere comportamenti nutrizionali differenti, ad esempio *P. spumarius* sugge linfa grezza meno frequentemente e a velocità più basse rispetto al vettore americano *Graphocephala atropunctata* (Signoret). Tali caratteristiche sono probabilmente legate a un'efficienza di trasmissione minore da parte della sputacchina rispetto alla cicalina, infatti questi aspetti influiscono sulle probabilità di distacco di cellule di *X. fastidiosa* dalle pareti dell'apparato boccale del vettore e quindi sull'efficacia della trasmissione alla pianta ospite.

La scelta di specifiche piante ospiti o comparti vegetazionali da parte dei vettori di *X. fastidiosa* è mediata da fattori ambientali (temperatura) e fisiologici (stress idrico, quantità e composizione degli aminoacidi presenti nello xilema, sintomi patologici visibili su piante ospiti) (Brodbeck *et al.*, 1990; Daugherty *et al.*, 2009; Bodino *et al.*, 2020a). Una preferenza di nutrizione a spese dei piccioli fogliari, osservata in *P. spumarius* e forse dovuta alla maggior concentrazione di vasi xilematici e al minor spessore dell'epidermide rispetto ai rami, contribuisce a una efficiente trasmissione e alla successiva colonizzazione della pianta ospite da parte di *X. fastidiosa*, essendo i piccioli siti ottimali per la crescita del batterio (Hopkins, 1981; Cardinale *et al.*, 2018). Differenze nelle preferenze di siti di nutrizione potrebbero anche spiegare l'inefficienza nella trasmissione di *X. fastidiosa* delle cicale (Cornara *et al.*, 2020).

Conclusioni

Le caratteristiche ecologiche e comportamentali dei vettori di *X. fastidiosa* hanno un ruolo molto rilevante nel determinare le probabilità di acquisizione e inoculazione del batterio su una coltura, determinando quindi la diffusione del fitopatogeno nell'ecosistema. Tali aspetti ecologici variano tra specie vettrici, ecosistemi ed aree diverse, risultando spesso specifici per ciascun patosistema. Nonostante le conoscenze acquisite su *X. fastidiosa* e vettori in Nord e Sud America non siano quindi direttamente utilizzabili in Europa, le ricerche svolte in questi paesi possono indirizzare studi futuri verso i percorsi di ricerca più interessanti ai fini di un controllo dei vettori e delle malattie associate il più possibile efficace ed integrato con preesistenti metodi di lotta e con il sistema colturale di interesse. In particolare, un approccio integrato con strategie di lotta a diverse scale spaziali (e.g. paesaggio, agroecosistema, pianta) può agire allo stesso tempo per i) ridurre le popolazioni di vettori negli ecosistemi agricoli di interesse, tramite ad esempio tecniche di gestione del paesaggio (lavorazioni del terreno, rimozione di piante ospiti alternative) e metodi di controllo biologico (parassitoidi, funghi entomopatogeni) (EFSA 2018; Di Serio *et al.*, 2019; Molinatto *et al.*, 2020), ii) limitare la colonizzazione degli oliveti e degli olivi da parte dei vettori, utilizzando piante trappola/reti anti-insetto trattate o riducendo l'attrattività della coltura (e.g. kaolino) (Blua *et al.*, 2005; Dongiovanni & Fumarola, 2018) e iii) manipolare le interazioni dei vettori con le piante ospiti, utilizzando ad esempio insetticidi che non vadano a disturbare il controllo di altri organismi dannosi e considerando anche i loro effetti non letali su acquisizione, trasmissione e movimento dei vettori (Okano *et al.*, 2002; Backus & Shih, 2020).

Strategie di lotta integrate a differenti livelli possono sommare i loro effetti, ottenendo risultati efficaci nel controllo dei vettori. Tali strategie richiedono tuttavia un livello di conoscenza molto approfondito del patosistema e spesso del singolo agroecosistema, al fine di adattare le tecniche alle specifiche condizioni ambientali. L'elaborazione di strategie di controllo e la valutazione del rischio in caso di introduzione del batterio in nuove aree non possono quindi basarsi esclusivamente su monitoraggi volti a valutare la presenza di specie potenzialmente vettrici, ma necessitano studi più approfonditi sui fattori ecologici che influenzano l'efficienza di trasmissione di *X. fastidiosa* da parte delle comunità di xilemomizi presenti in una determinata area.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Professor Domenico Bosco e gli organizzatori della Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri" tenutasi a Firenze il 21 febbraio 2020.

RIASSUNTO

Il batterio esotico *Xylella fastidiosa* (*Xf*), agente causale del Disseccamento rapido dell'olivo (OQDS - Olive Quick Decline Syndrome) in Puglia, è trasmesso

in Europa da insetti vettori appartenenti alla famiglia Aphrophoridae (sputacchine) (Hemiptera: Cercopoidea). Poiché negli areali di origine del batterio la diffusione di *Xf* è stata sempre associata al ruolo di vettore degli "sharpshooters" (Hemiptera: Cicadellidae: Cicadellinae), numerosi aspetti dell'ecologia e del comportamento delle sputacchine, seppur rilevanti per la diffusione di *Xf*, sono ancora poco conosciuti. In questo contributo le caratteristiche degli insetti vettori in agroecosistemi europei quali la biogeografia, fenologia, le risposte a variabili ambientali a livello ecosistemico e le preferenze nutrizionali sono esaminate in relazione alla loro importanza a livello di diffusione e trasmissione di *Xf*, alla luce delle conoscenze ottenute recentemente in Europa e precedentemente in America. Sono discusse inoltre le linee di ricerca più promettenti e utili ad elaborare strategie di controllo integrato degli insetti vettori del batterio volte a limitare l'incidenza e la diffusione delle malattie causate da *Xf*, con particolare riguardo all'agroecosistema oliveto.

BIBLIOGRAFIA

Almeida R.P.P., Blua M.J., Lopes J.O.R.S., Purcell A.H., 2005 - *Vector transmission of* Xylella fastidiosa*: applying fundamental knowledge to generate disease management strategies*. - Annu. Entomol. Soc. Am., 96: 775-786.

Backus E.A., Shih H.-T., 2020 - *Review of the EPG Waveforms of Sharpshooters and Spittlebugs Including Their Biological Meanings in Relation to Transmission of* Xylella fastidiosa *(Xanthomonadales: Xanthomonadaceae)*. - J. Insect Sci., 20.

Blua M.J., Campbell K., Morgan D.J.W., Redak R.A., 2005 - *Impact of a Screen Barrier on Dispersion Behavior of* Homalodisca coagulata *(Hemiptera: Cicadellidae)*. - J. Econ. Entomol., 98(5): 1664-1668. doi:10.1603/0022-0493-98.5.1664.

Bodino N., Cavalieri V., Dongiovanni C., Plazio E., Saladini M.A., Volani S., Simonetto A., Fumarola G., Carolo M.D., Porcelli F., Gilioli G., Bosco D., 2019 - *Phenology, seasonal abundance and stage-structure of spittlebug (Hemiptera: Aphrophoridae) populations in olive groves in Italy*. - Sci. Rep., 9(1): 17725. doi:10.1038/s41598-019-54279-8.

Bodino N., Cavalieri V., Dongiovanni C., Saladini M.A., Simonetto A., Volani S., Plazio E., Altamura G., Tauro D., Gilioli G., Bosco D., 2020a - *Spittlebugs of Mediterranean Olive Groves: Host-Plant Exploitation throughout the Year*- Insects, 11(2): 130. doi:10.3390/insects11020130.

Bodino N., Cavalieri V., Dongiovanni C., Simonetto A., Saladini M.A., Plazio E., Gilioli G., Molinatto G., Saponari M., Bosco D., 2020b - *Dispersal of* Philaenus spumarius *(Hemiptera: Aphrophoridae), a Vector of* Xylella fastidiosa*, in Olive Grove and Meadow Agroecosystems*. - Env. Entomol. Accepted.

Bosco D., 2015 - Xylella fastidiosa *: vettori accertati e potenziali in America e in Europa*. - Atti Accad. Naz. Ital. Entomol., 62: 187-191.

Brodbeck B.V., Iii R.F., French W.J., Andersen P.C., Aldrich J.H., 1990 - *Amino acids as determinants of host preference for the xylem feeding leafhopper,* Homalodisca coagulata *(Homoptera: Cicadellidae)*. - Oecologia, 83: 338-345.

Cardinale M., Luvisi A., Meyer J.B., Sabella E., De Bellis L., Cruz A., Ampatzidis Y., Cherubini P., 2018 - *Specific fluorescence in situ hybridization (FISH) test to highlight colonization of xylem vessels by* Xylella fastidiosa *in naturally infected olive trees (*Olea europaea *L.)*. - Front. Plant Sci., 9. doi:10.3389/fpls.2018.00431.

Castillo A.I., Chacón-Díaz C., Rodríguez-Murillo N., Coletta-Filho H.D., Almeida R.P.P., 2020 - *Impacts of local population history and ecology on the evolution of a globally dispersed pathogen*. - BMC Genomics, 21(1): 369. doi:10.1186/s12864-020-06778-6.

Coletta-Filho H.D., Castillo A.I., Laranjeira F.F., De Andrade E.C., Silva N. ., De Souza A.A., Bossi M.E., Almeida R.P.P., Lopes J.R.S., 2020 - *Citrus Variegated Chlorosis: an Overview of 30 Years of Research and Disease Management*. - Trop. Plant Pathol., 45: 175-191. doi:10.1007/s40858-020-00358-5.

Cornara D., Bosco D., Fereres A., 2018 - Philaenus spumarius*: when an old acquaintance becomes a new threat to European agriculture*. - J. Pest Sci., 91(3): 957-972. doi:10.1007/s10340-018-0966-0.

Cornara D., Marra M., Tedone B., Cavalieri V., Porcelli F., Fereres A., Purcell A., Saponari M., 2020 - *No evidence for cicadas' implication in* Xylella fastidiosa *epidemiology*. - Entomol. Gen., 40(2): 125-132. doi:10.1127/entomologia/2020/0912.

Cornara D., Morente M., Markheiser A., Bodino N., Tsai C.-W., Fereres A., Redak R.A., Perring T. M., Lopes J.R.S., 2019 - *An overview on the worldwide vectors of* Xylella fastidiosa. - Entomol. Gen., 39(3-4): 157-181. doi:10.1127/entomologia/2019/0811.

Daugherty M.P., Almeida R.P.P., 2019 - *Understanding How an Invasive Vector Drives Pierce's Disease Epidemics: Seasonality and Vine-to.* - Phytopathology, 109(2): 277-285. doi:10.1094/PHYTO-07-18-0217-FI.

Daugherty M.P., Bosco D., Almeida R.P.P., 2009 - *Temperature mediates vector transmission efficiency: inoculum supply and plant infection dynamics*. - Ann. Appl. Biol., 155(3): 361-369. doi:10.1111/j.1744-7348.2009.00346.x.

Di Serio F., Bodino N., Cavalieri V., Demichelis S., Di Carolo M., Dongiovanni C., Fumarola G., Gilioli G., Guerrieri E., Picciotti U., Plazio E., Porcelli F., Saladini M., Salerno M., Simonetto A., et al., 2019 - *Collection of data and information on biology and control of vectors of* Xylella fastidiosa. - EFSA Support. Publ. 16(5): 1628E. doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1628.

Dongiovanni C., Fumarola G., 2018 - *Sputacchina dell'olivo, insetticidi a confronto*. - Inf. Agrar., 24: 51-56.

Drosopoulos S., 2003 - *New data on the nature and origin of colour polymorphism in the spittlebug genus* Philaenus *(Hemiptera: Aphorophoridae)*. - Ann. Société Entomol. Fr., 39(1): 31-42. doi:10.1080/00379271.2003.10697360.

EFSA, 2018 - *Updated pest categorisation of* Xylella fastidiosa. - EFSA J., 16 (7): 5357. doi:10.2903/j.efsa.2018.5357.

EFSA, 2019 - *Update of the Scientific Opinion on the risks to plant health posed by* Xylella fastidiosa *in the EU territory*. - EFSA J., 17(5): e05665. doi:10.2903/j.efsa.2019.5665.

EFSA., 2020 - *Update of the* Xylella *spp. host plant database - systematic literature search up to 30 June 2019*. - EFSA J., 18(4): e06114. doi:10.2903/j.efsa.2020.6114.

De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn P. De P., Los W., Steeman F., Bailly N., Basire C., Chylarecki P., Stloukal E., Hagedorn G., Wetzel F., Glöckler F., Kroupa A., Korb G., et al., 2014 - *Fauna Europaea – all European animal species on the web*. - Biodiversity Data Journal., 2: e4034. doi: 10.3897/BDJ.2.e4034.

Macleod A., Navajas Navarro M., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., et al., 2018. - *Updated pest categorisation of* Xylella fastidiosa. - EFSA J., 16 (7). doi:10.2903/j.efsa.2018.5357.

EU 2015/789, 2015 - *Measures to prevent the introduction into and the spread within the Union of* Xylella fastidiosa (Wells *et al.*).

Hopkins D.L., 1981 - *Seasonal Concentration of the Pierce's Disease Bacterium in Grapevine Stems, Petioles, and Leaf Veins*. - Phytopathology, 71(4): 415. doi:10.1094/Phyto-71-415.

Killiny N., Almeida R.P.P., 2009 - *Host structural carbohydrate induces vector transmission of a bacterial plant pathogen*. - Proc. Natl. Acad. Sci., 106(52): 22416-22420. doi:10.1073/pnas.0908562106.

Krell R.K., Boyd E.A., Nay J.E., Park Y.-L., Perring T.M., 2007 - *Mechanical and insect transmission of* Xylella fastidiosa *to* Vitis vinifera. - Am. J. Enol. Vitic., 58(2): 211-216.

Labroussaa F., Ionescu M., Zeilinger A.R., Lindow S.E., Almeida R.P.P., 2017 - *A chitinase is required for* Xylella fastidiosa *colonization of its insect and plant hosts*. - Microbiology, 163(4): 502-509. doi:10.1099/mic.0.000438.

Lago C., Morente M., Heras-Bravo D.D. Las., Campoy A.M., Rodriguez-Ballester F., Plaza M., Moreno A., Fereres A., 2020. - *Dispersal ability of* Neophilaenus campestris*, a vector of* Xylella fastidiosa*, from olive groves to over-summering hosts*. - BioRxiv.: 2020.03.17.995266. doi:10.1101/2020.03.17.995266.

Landa B.B., Castillo A.I., Giampetruzzi A., Kahn A., Román-Écija M., Velasco-Amo M.P., Navas-Cortés J.A., Marco-Noales E., Barbé S., Moralejo E., Coletta-Filho H.D., Saldarelli P., Saponari M., Almeida R.P.P., 2019 - *Emergence of a Plant Pathogen in Europe Associated with Multiple Intercontinental Introductions*. - Appl. Environ. Microbiol., 86(3). doi:10.1128/AEM.01521-19.

Markheiser A., Cornara D., Fereres A., Maixner M., 2020 - *Analysis of vector behavior as a tool to predict* Xylella fastidiosa *patterns of spread*. - Entomol. Gen., 40(1): 1-13. doi:10.1127/entomologia/2019/0841.

Meentemeyer R.K., Haas S E., Václavík T., 2012 - *Landscape Epidemiology of Emerging Infectious Diseases in Natural and Human-Altered Ecosystems*. - Annu. Rev. Phytopathol., 50(1): 379-402. doi:10.1146/annurev-phyto-081211-172938.

Molinatto G., Demichelis S., Bodino N., Giorgini M., Mori N., Bosco D., 2020 - *Biology and prevalence in Northern Italy of* Verrallia aucta *(Diptera, Pipunculidae), a parasitoid of* Philaenus spumarius *(Hemiptera, Aphrophoridae), the main vctor of* Xylella fastidiosa *in Europe*. - Insects, 11(9): 607. doi:10.3390/insects11090607.

Morente M., Cornara D., Plaza M., Durán J.M., Capiscol C., Trillo R., Ruiz M., Ruz C., Sanjuan S., Pereira J.A., Moreno A., Fereres A., 2018 - *Distribution and relative abundance of insect vectors of* Xylella fastidiosa *in olive groves of the iberian Peninsula*. - Insects, 9(4): 175. doi:10.3390/insects9040175.

Nunney L., Azad H., Stouthamer R., 2019 - *An experimental test of the host-plant range of non recombinant strains of north American* Xylella fastidiosa *subsp. multip ex*. - Phytopathology, 109(2): 294-300.

Panzavolta T., Bracalini M., Croci F., Ghelardini L., Luti S., Campigli S., Goti E., Marchi R., Tiberi R., Marchi G., 2019. - Philaenus italosignus *a potential vector of* Xylella fastidiosa*: occurrence of the spittlebug on olive trees in Tuscany (Italy)*. - Bull. Insectology, 72(2): 317-320.

Ranieri E., Zitti G., Riolo P., Isidoro N., Ruschioni S., Brocchini M., Almeida R.P.P., 2019 - *Fluid dynamics in the functional foregut of xylem-sap feeding insects: a comparative study of two* Xylella fastidiosa *vectors*. - J. Insect Physiol., 120: 103995. doi:10.1016/j.jinsphys.2019.103995.

Redak R.A., Purcell A.H., Lopes J.R.S., Blua M.J., Mizell Iii R.F., Andersen P.C., 2004 - *The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of* Xylella fastidiosa *and their relation to disease epidemiology*. - Annu. Rev. Entomol., 49(1): 243-270. doi:10.1146/annurev.ento.49.061802.123403.

Roper C., Castro C., Ingel B., 2019 - Xylella fastidiosa*: bacterial parasitism with hallmarks of commensalism*. - Curr. Opin. Plant Biol., 50: 140-147. doi:10.1016/j.pbi.2019.05.005.

Santoiemma G., Tamburini G., Sanna F., Mori N., Marini L., 2019 - *Landscape composition predicts the distribution of* Philaenus spumarius*, vector of Xylella fastidiosa, in olive groves*. - J. Pest Sci., 92: 1101-1109. doi:10.1007/s10340-019-01095-8.

Saponari M., Giampetruzzi A., Loconsole G., Boscia D., Saldarelli P., 2019 - Xylella fastidiosa *in Olive in Apulia: Where We Stand*. - Phytopathology, 109(2): 175-186. doi:10.1094/PHYTO-08-18-0319-FI.

Sicard A., Zeilinger A.R., Vanhove M., Schartel T.E., Beal D.J., Daugherty M.P., Almeida R.P.P., 2018 - Xylella fastidiosa *: insights into an emerging plant pathogen*. - Annu. Rev. Phytopathol., 56(1): 181-202. doi:10.1146/annurev-phyto-080417-045849.

Soubeyrand S., Jerphanion P. De., Martin O., Saussac M., Manceau C., Hendrikx P., Lannou C., 2018 - *Inferring pathogen dynamics from temporal count data: the emergence of* Xylella fastidiosa *in France is probably not recent*. - New Phytol., 219(2): 824-836. doi:10.1111/nph.15177.

Strona G., Castellano C., Fattorini S., Ponti L., Gutierrez A.P., Beck P.S.A., 2020 - *Small world in the real world: long distance dispersal governs epidemic dynamics in agricultural landscapes*. - Epidemics, 30: 100384. doi : 10.1016/j.epidem.2020.100384.

Tsagkarakis A.E., Afentoulis D.G., Matared M., Thanou Z.N., Stamatakou G.D., Kalaitzaki A.P., Tzobanoglou D.K., Goumas D., Trantas E., Zarboutis I., Perdikis D.C., 2018 - *Identification and seasonal abundance of Auchenorrhyncha with a focus on potential insect vectors of* Xylella fastidiosa *in olive orchards in three regions of Greece*. - J. Econ. Entomol., 111(6): 2536-2545.

Vanhove M., Retchless A. C., Sicard A., Rieux A., Coletta-Filho H.D., Fuente L.D.L., Stenger D. C., Almeida R.P.P., 2019 - *Genomic diversity and recombination among* Xylella fastidiosa *subspecies*. - Appl Env. Microbiol., 85(13): 02972-18. doi:10.1128/AEM.02972-18.

White S.M., Navas Cortés J.A., Bullock J.M., Boscia D., Chapman D.S., 2020 - *Estimating the epidemiology of emerging* Xylella fastidiosa *outbreaks in olives*.- Plant Pathol., 69(8): 1403-1413. doi:10.1111/ppa.13238.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia0
Anno LXVIII, 2020: 145-149

BEHAVIOURAL ASPECTS INFLUENCING PLANT PATHOGEN TRANSMISSION BY HEMIPTERAN INSECTS

ALBERTO FERERES[a]

[a] *ICA-CSIC. Spanish Research Council. Calle Serrano 115dpdo, Madrid 28006, Spain*
Email: a.fereres@csic.es
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Insetti vettori di agenti fitopatogeni: meccanismi ed ecologia della trasmissione di virus e batteri". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 21 febbraio 2020.

Behavioural aspects influencing plant pathogen transmission by hemipteran insects

Insects are efficient vectors of many plant viruses, plant-pathogenic bacteria and phytoplasma that cause severe diseases reducing the yield and quality of several crops worldwide. Aphids are known to transmit more than 400 virus species, many of them after a very fast process while probing the superficial plant tissues when searching for a suitable host (non-circulative transmission). Some other viruses are transmitted during long feeding periods after they reach the phloem and require the circulation through the vector to reach the salivary glands before they can be inoculated to a healthy plant (circulative transmission). Other relevant virus vectors are whiteflies, thrips, mealybugs and leafhoppers. Most vectors of plant pathogens other than viruses belong to the family Psyllidae (psyllids) and to the suborder Cicadomorpha (sharpshooters and spittlebugs). Psyllids transmit phloem-restricted bacteria and phytoplasmas, while spittlebugs and sharpshooters transmit xylem-limited bacteria. Plant pathogens tend to interact with their vectors manipulating their behavior in a way that often favor disease spread. Plant pathogens may directly affect vector behaviour but more frequently cause indirect plant-mediated metabolic changes in their host plant that can alter the behaviour and fitness of insect vectors. There is increasing evidence that plant pathogens influence insect vectors enhancing disease spread by changing their behaviour and facilitating mutualistic relationships. However, some examples of antagonistic interactions also exist.

KEY WORDS: virus, bacteria, transmission, vector-pathogen-vector interactions, insect behaviour

INSECTS AS VECTORS OF PLANT PATHOGENS

Insects are well known vectors of numerous plant pathogens. Most vectors belong to the orders Hemiptera and Thysanoptera. Thus, aphids (Aphididae) whiteflies (Aleyrodidae) and thrips (Thysanoptera) are the most important vectors of plant viruses. Psyllids (Psyllidae) are vectors of phloem-restricted bacteria and phytoplasmas. Furthermore, sharpshooters (Cicadellinae) and spittlebugs (Cercopidae) are the main vectors of xylem-restricted bacteria. Insects have very well specialized mouthparts to penetrate the plant tissues. Many plant pathogens such as viruses need a living cell to replicate and survive. Viruses have evolved together with aphids and adapted to move from plant to plant by taking advantage of a very particular feeding behaviour strategy during the process of host plant recognition. In such process aphids make brief intracellular punctures and incidentally transmit many plant viruses without killing the cell. The transmission process consists of 3 essential steps that need to be completed -acquisition, retention and inoculation-. First, an insect vector needs to locate, land, and settle on an infected plant. Immediately after it probes or feeds on a particular plant tissue to ingest plant sap that often contains virus particles or other plant pathogens. That uptake process of the pathogen by its vector is called acquisition. However, the pathogen cannot be transmitted after acquisition unless retained by the vector in the proper site. After retention of the pathogen in the insect's body, inoculation occurs when the vector reaches a healthy plant and delivers the pathogen to the plant while probing or feeding. Insects that acquire and retain the pathogen are often called viruliferous, while insects never exposed to an infected source-plant are called non-viruliferous. Another important concept is that not all insects able to acquire the pathogen are able to transmit. Detection of the pathogen in the vector's body does not necessarily mean that the vector is infective. Transmission efficacy is the ability of a given vector to transmit a pathogen and is often calculated as the ratio between the number of plants that become infected divided by the total number of inoculated plants. Non-circulative transmission (NCT) occurs when the pathogen is retained on the vector's cuticle, either on the stylet's or the foregut but do not need to circulate through the vector to be transmitted. Circulative transmission (CT) occurs when the plant pathogen crosses the gut and

– Pubblicato marzo 2021

salivary gland membranes and then is secreted by the saliva to a healthy plant. In some cases, both NCT and CT plant pathogens can replicate in the insect´s vector, and are called propagative. The transmission of NCT pathogens occurs in seconds or few minutes after insects start probing. However, some NCT pathogens are restricted to the phloem or xylem and the process of acquisition and inoculation may require longer access times. The pathogen is lost after molting and persists for few hours in the vector, with the only exception of xylem-limited bacteria that are propagative and can persist in their vectors during their whole life cycle. NCT is also characterized by a very low level of plant pathogen-vector specificity (many insect species can transmit the same pathogen). Conversely, CT is a much slower process because insects need to feed for longer periods of time, often hours, and the pathogen needs to circulate through the insect's body to reach the salivary glands. CT pathogens persist many days in their vectors and have a high level of specificity (few insect species transmit the same pathogen).

Feeding behaviour and plant pathogen transmission

Plant pathogens are not transmitted after fixed periods of time by their vectors, but depend on specific feeding behavioural events or particular stylet activities that occur in the depth of the plant tissues. The feeding behaviour of pierce-sucking insects can be studied by the electrical penetration graph (EPG) technique that was developed in the 60' by McLean & Kinsey (1964). Such technique is based on making an insect part of an electric circuit and monitoring the probing and feeding activities as well as the stylet tip position within the plant tissues. Each type of activity is recorded as characteristic waveforms that change depending on the insect species. A complete description of the technique and its principles can be found in Tjallingii (1988) and Walker (2000).

One distinct EPG pattern associated to the transmission of some NCT viruses is the potential drops (pd). This particular pattern is repeatedly observed during the first minutes of plant penetration by aphids. Potential drops represent differences in the trans-membrane potential between the apoplast and symplast that occur when a plant cell membrane is punctured for about 5-10 seconds by the aphid's maxillary stylets. Transmission of nonpersistent viruses such as potyviruses and cucumoviruses occurs during this brief intracellular punctures in superficial leaf tissues (Powell, 1991; Martin *et al.,* 1997). More recently, a new type of distinct potential drop of lower magnitude that represent intracellular punctures in deeper tissues -phloem sieve elements- have been described. Such phloem-pds are involved in the transmission of phloem-limited viruses. Two examples are *Beet yellows virus*, a NCT closterovirus transmitted by *Myzus persicae* (Jimenez *et al.,* 2018) and Barley yellow dwarf virus, a CT luteovirus transmitted by *Rhopalosiphum pad*i (Jimenez *et al.,* 2020) (Fig. 1). The EPG technique has been used to understand the transmission of several NCT and CT viruses, but also phloem and xylem-limited bacteria (Sandanayaka *et al.,* 2014; Backus *et al.,* 2016).

Manipulation of insect behaviour by plant pathogens

Some parasites are known to manipulate their hosts in their own benefit, some of these changes induce atypical behaviours of the insect host to enhance its transmission and spread. This is the case of the horsehair worm, *Paragordius spp.* that induces suicide behaviour in its host, the cricket *Nemobius sylvestris*. Infected hosts harbouring mature hairworms commit suicide by jumping into water to facilitate nematode survivorship and further spread. Plant pathogens frequently manipulate their insect vectors, many of them facilitating disease spread. They can induce changes in the behaviour of their insect vectors in two different ways:

a. Indirect plant-mediated effects by altering the biochemistry and physiology of their shared host plant
b. Direct effects when the vector acquires the pathogen, by inducing physiological or metabolic changes directly in their vectors

Two case studies will be provided on how plant viruses can manipulate their insect vectors in a way that enhances their own spread.

Plant-mediated effects of NCT virus infection on aphid vectors

Cucumber plants infected with *Cucumber mosaic virus* modified the attractiveness, settlement and feeding behaviour of its aphid vector, *Aphis gossypii*. Free-choice preference assays showed that *A. gossypii* alates preferred CMV-infected over mock-inoculated plants at an early stage (30 min), but this behaviour was reverted at a later stage and aphids preferred to settle and reproduce on mock-inoculated plants. Furthermore, a sharp change in aphid probing behaviour over time when exposed to CMV-infected plants was observed. At the be-

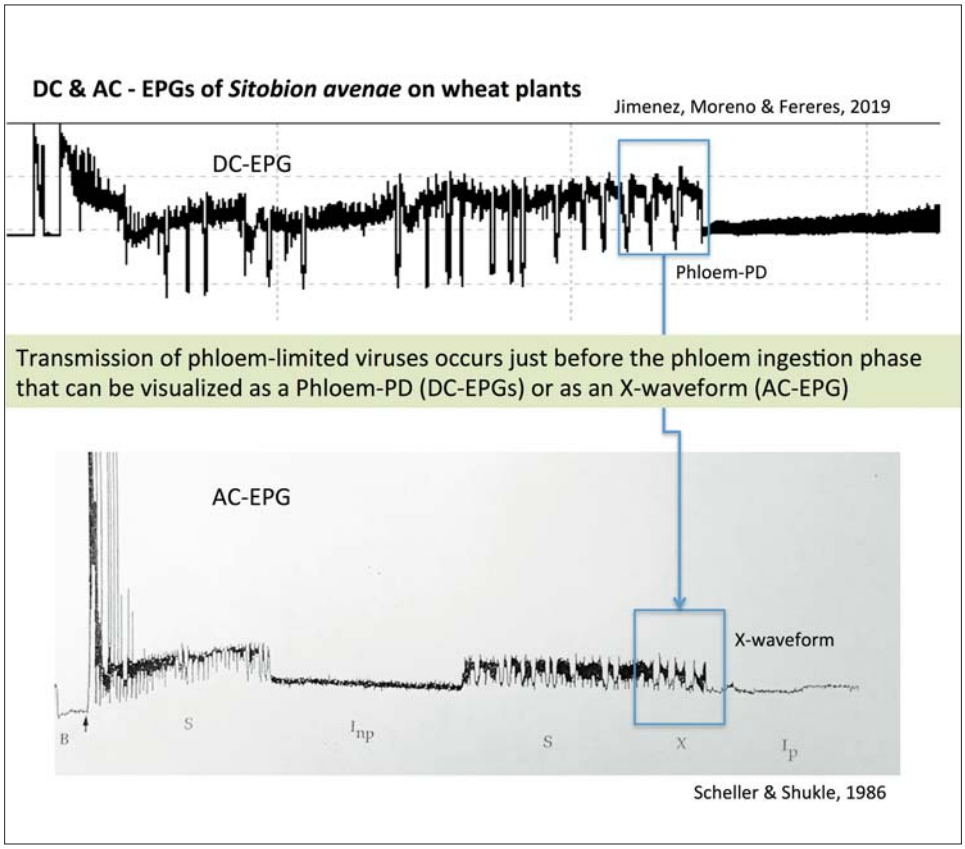

Fig. 1 – Transmission of phloem-limited viruses occurs just before the phloem phase during brief stylet intracellular punctures of phloem cells (phloem - pd).

ginning (first 15 min) aphid vectors dramatically increased the number of short superficial probes and intracellular punctures when exposed to CMV-infected plants. At a later stage (second hour of recording) aphids diminished their feeding on CMV-infected plants as indicated by much less time spent in phloem salivation and ingestion (E1 and E2). This particular probing behaviour including an early increase in the number of short superficial probes and intracellular punctures followed by a phloem feeding deterrence is known to enhance the transmission efficiency of viruses transmitted in a nonpersistent manner. Therefore, CMV induces a pull-push strategy in its aphid vector by promoting specific changes in a plant host that modify the alighting, settling and probing behaviour of its main vector *A. gossypii*. Such changes lead to optimum transmission and spread of the virus (Carmo-Sousa, 2014; Fig. 2).

Direct effects of a CT virus on its whitefly vector

Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) alters the locomotion, settling and feeding behaviour of its vector *Bemisia tabaci.*

A series of bioassays were used to assess the direct effects of TYLCV on vector behaviour. Eggplant were used because is an excellent host for the vector but a non-host for the virus. Thus changes in vector behaviour after virus acquisition are directly induced by the virus and are not mediated by changes in the host plant. Bioassays using video-tracking of settling behaviour of viruliferous and non-viruliferous whiteflies showed that TYLCV induced an arrestant behaviour of *B. tabaci*, as viruliferous whitefly adults remained motionless for more time and moved slower than non-viruliferous whiteflies after their first contact with eggplant leaf discs. In fact, EPGs showed that TYLCV-viruliferous *B. tabaci* fed more often from phloem sieve elements and made a larger number of phloem contacts in eggplants than non-viruliferous whiteflies. Furthermore, the duration of the salivation phase in phloem sieve elements preceding sustained sap ingestion was longer in viruliferous than in non-viruliferous whiteflies. This particular behaviour is known to significantly enhance the inoculation efficiency of TYLCV by *B. tabaci*. TYLCV directly manipulates the settling, probing and feeding behaviour of its vector *B. tabaci* in a way that enhances virus transmission efficiency and spread. TYLCV-*B.tabaci* interaction is mutualistic, as it is also beneficial to the whitefly vector because it increases its ability to find and feed from the phloem. Overall, TYLCV directly induces a pull-arrest strategy in its whitefly vector, *B. tabaci*. (Moreno-Delafuente *et al.,* 2013, Fig. 2).

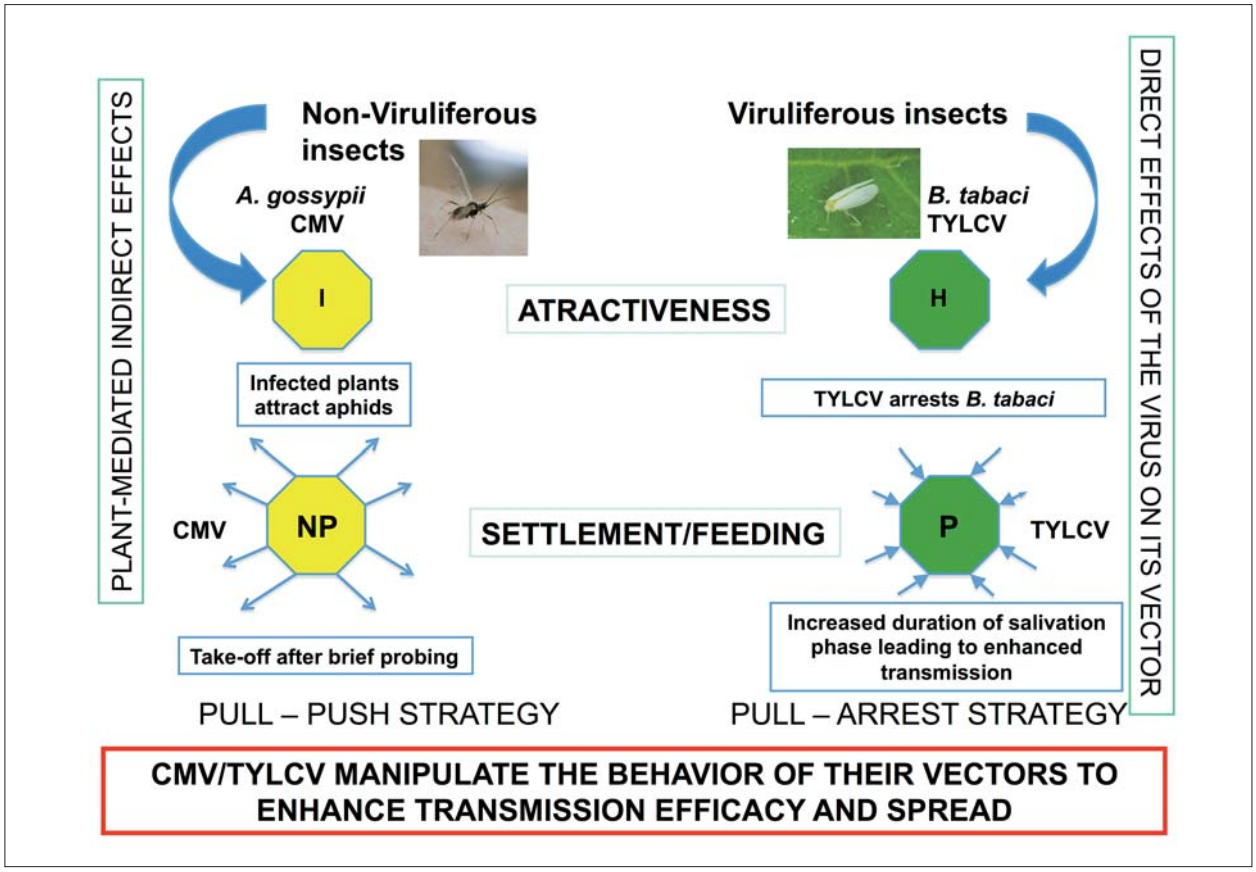

Fig. 2 – Plant-mediated and direct effects of viruses on vector behaviour: CMV and TYLCV manipulate vector behavior using a pull-push strategy and a pull-arrest strategy, respectively.

Direct and indirect effects of a non-circulative propagative bacteria on its insect vectors

It is common that plants infected with plant pathogens promote changes in their physiology and biochemistry that influence insect vector behaviour during the process of host plant selection and feeding. But also the pathogen can directly alter vector behaviour when insects feed from the infected plant (post-acquistion effects). It is important to highlight that not always vectors prefer to feed on infected plants, and they can even reject plants with severe symptoms of infection. Such is the case of the xylem-limited bacteria, *Xylella fastidiosa*, that disrupted the feeding behaviour of its vector *Bucephalogonia xanthopis* on citrus plants showing clear symptoms of Citrus variegated chlorosis (CVC) (Fig. 3). However, the vector preferred non-infected or infected plants with no symptoms, suggesting that infected citrus trees maybe more important as sources for CVC spread than severely diseased ones (Miranda *et al.,* 2013). Another vector of *X. fastidiosa*, the spittlebug *Philaenus spumarius* showed difficulties to feed on olive plants after acquisition of the bacteria. Infective spittlebugs compared to non-infective ones exhibited: (i) longer non-probing and shorter xylem ingestion; (ii) longer duration of single non-probing events; (iii) fewer sustained ingestions (ingestion longer than 10 min) and interruptions of xylem activity (N); and (iv) longer time required to perform the first probe. All these feeding difficulties are probably related to the presence of *X. fastidiosa* within the foregut of *P. spumarius*. Such atypical feeding behaviour of infective insects could also facilitate the inoculation of the bacteria to healthy plants. However, further experiments are needed to confirm or discard such hypothesis (Cornara *et al.,* 2020).

Conclusions

1. Plant pathogen transmission does not occur at fixed access periods to the source/test plant, but it depends on specific and mandatory vector feeding activities
2. Plant pathogens influence their insect vectors altering the efficiency of transmission by changing their behaviour and often facilitating mutualistic relationships

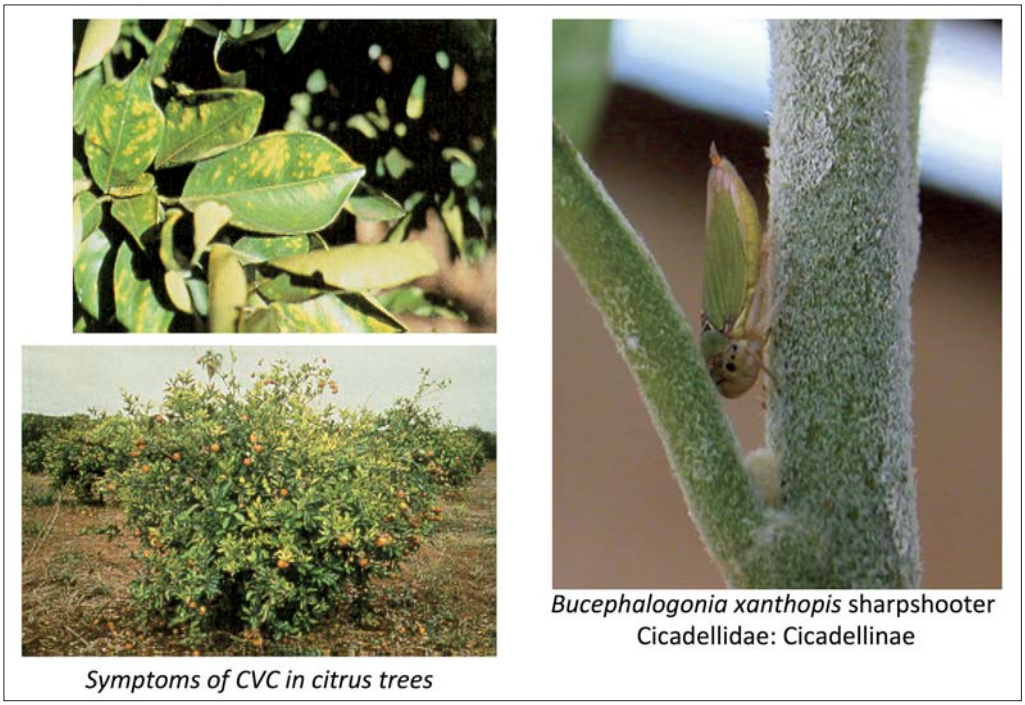

Fig. 3 – *Bucephalogonia xanthophis*, a vector of *Xylella fastidiosa*, .the causal agent of CVC in Brasil.

3. In few cases some plant pathogen-vector interactions do not favor transmission (there is no apparent change in vector behaviour that benefits disease spread)
4. Some plant pathogens may disrupt vector settlement and feeding behaviour but not necessarily have negative implications for disease spread. Vectors of *X. fastidiosa* prefer to feed on infected asymptomatic than on symptomatic plants, suggesting that infected plants can act as better inoculum sources than plants showing clear symptoms. This particular behaviour may speed up disease spread.

REFERENCES

Jiménez J., Tjallingii W.F., Moreno A., Fereres A., 2018 - *Newly distinguished cell punctures associated with transmission of the semipersistent phloem-limited Beet yellows virus*. - J. Virol., 92: e01076-18. https://doi.org/10.1128/JVI.01076-18.

Jiménez J., Arias-Martín M., Moreno A., Garzo E., Fereres A., 2020 - *Barley yellow dwarf virus can be inoculated during brief intracellular punctures in phloem cells before the sieve element continuous salivation phase.* - Phytopathology, 110: 85-93.

Cornara D., Marra M., Morente M., Garzo E., Moreno A., Saponari M., Fereres A., 2020 - *Feeding behaviour in relation to spittlebug transmission of* Xylella fastidiosa*.* - Journal of Pest Science, 93: 197-213.

Miranda M.P., Villada E.S., Lopes S.A., Fereres A., Lopes Jr.S., 2013 - *Influence of citrus plants infected with* Xylella fastidiosa *on stylet penetration activities of* Bucephalogonia xanthophis *(Hemiptera: Cicadellidae)*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 106: 610-618.

Moreno-Delafuente A., Garzo E., Moreno A., Fereres A., 2013 - *A plant virus manipulates the behavior of its whitefly vector to enhance its transmission efficiency and spread*. - Plos ONE, 8: 1-10.

Carmo-Sousa M., Moreno A., Garzo E., Fereres A., 2014 - *A non-persistently transmitted-virus induces a pull-push strategy in its aphid vector to optimize transmission and spread*. - Virus Research, 186: 38-46.

Backus E.A., 2016 - *Sharpshooter Feeding Behavior in Relation to Transmission of* Xylella fastidiosa*: A Model for Foregut-Borne Transmission Mechanisms. Vector-Mediated Transmission of Plant Pathogens*. (ed by J.K. Brown) pp: 175-193.

Tjallingii W.F., 1988 - *Electrical Recording of Stylet Penetration Activities. Aphids: Their biology, natural enemies and control.* (ed by AK Minks & P. Harrewijn). Elsevier, Amsterdam, pp 95-108.

Mclean D.L., Kinsey M.G., 1964 - *A Technique for Electronically Recording Aphid Feeding and Salivation.* - Nature, 202:1358-1359.

Martin B., Collar J.L., Tjallingii W.F., Fereres A., 1997 - *Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses.* - J. Gen. Virol., 78: 2701-2705.

Powell G. 1991 - *Cell membrane punctures during epidermal penetrations by aphids: consequences for the transmission of two potyvirus*. - Ann. appl. Biol., 119: 313-321.

Sandanayaka W.R.M., Moreno A., Tooman L.K., Page-Weir N.E.M., Fereres A., 2014 - *Stylet penetration activities linked to the acquisition and inoculation of* Candidatus Liberibacter solanacearum by its vector tomato potato psyllid. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 151: 170-181.

Walker G.P., 2000 - *A Beginner´s Guide to Electronic Monitoring of Homopteran Probing Behavior. Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of Homopteran feeding behaviour*. (ed by GP Walker & EA Backus) pp. 4-40.

150 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 151-159

Giornate Culturali "*Insect biodiversity and ecosystem services*" organizzate congiuntamente dalla Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e dalla Società Entomologica Italiana (8-12 giugno 2020).

webinar

8 JUNE 2020
Insect Apocalypse
L'apocalisse degli Insetti

Dave Goulson
Averting the Insect Apocalypse
Evitare l'apocalisse

Davide Badano - Pierfilippo Cerretti
Insect collections amidst the sixth mass extinction
Collezioni ed estinzione

Marino Quaranta - Ignazio Floris
Overview of European pollinating insects and importance of Red Lists for their conservation
Impollinatori europei e liste rosse

Francesco Caracciolo
Searching a value for agrobiodiversity, functioning and services
Valore socio-economico dei servizi ecosistemici

9 JUNE 2020
Biodiversity and Ecosystem Services
Biodiversità e Servizi Ecosistemici

Alexander Wezel
Agroecological practices using biodiversity for the provision of ecosystem services in agriculture
Agroecologia

Samantha Cook
Building confidence in Beneficials: Conservation biocontrol of insect pests in oilseed rape crops
Contare sugli organismi utili presenti in natura

Andrea Lucchi
Biological control as an ecosystem service an Area-wide Pest Management Program in a famous wine- growing area of Tuscany
Biocontrollo territoriale

Giovanni Burgio
Rural landscape management at different spatial scales and functional diversity
Gestione del paesaggio e biodiversità

10 JUNE 2020
Biodiversity, Resilience and Biocontrol
Biodiversità, Resilienza e Biocontrollo

Louise E.M. Vet
Insect biodiversity recovery. Let's act!
Recupero della biodiversità

Luciana Tavella
Classical and fortuitous biological control, when the exotic is useful
Controllo biologico classico

Lucia Zappalà
Food webs in augmentative and conservation biocontrol
Reti trofiche e controllo biologico

Stefano Colazza, Ezio Peri, Antonino Cusumano, Salvatore Guarino
How does chemical ecology contribute to improving conservation biological control?
Controllo biologico conservativo

11 JUNE 2020
Pollinators Decline
La Scomparsa degli Impollinatori

Robert J. Paxton
Double double toil and trouble: the countryside is dismal for bees and pollination
Api, impollinatori e ambiente rurale

Francesco Nazzi
The need for a holistic study of the impact of biotic and abiotic stress factors on the conservation of pollinators
Stress ambientali e impollinatori

Federico Cappa, Rita Cervo
Biopesticides: a perspective on their sublethal effects on bees and other pollinators
Biopesticidi e impollinatori

Paolo Fontana
The ecological role of the honey bee
Ecologia dell'ape

– Pubblicato marzo 2021

8 JUNE 2020
Insect Apocalypse - *L'apocalisse degli Insetti*

AVERTING THE INSECT APOCALYPSE

DAVE GOULSON[a]

[a]University of Sussex, UK

We are in the midst of the 6th mass extinction event, with extinctions occurring faster than at any time in the last 65 million years. 'Bioabundance' is in decline, with recent studies showing that insects in particular seem to be disappearing fast. For example, recent evidence from Germany found that the biomass of flying insects fell by 76% in the last 26 years. If insect declines continue it will have profound consequences for mankind and for our planet, for insects make up the bulk of life on land, and perform numerous vital roles in ecosystems: they are food for many other organisms, control pests, pollinate, recycle nutrients, and much more. I will explain the main drivers of insect declines, which include habitat loss, intensification of farming practices, pesticides, the spread of disease and climate change. I will also suggest how we should tackle this crisis, first by turning our gardens and urban areas into oases for life, and second by fundamentally changing the way we grow food.

INSECT COLLECTIONS AMIDST THE SIXTH MASS EXTINCTION

DAVIDE BADANO[a,b] - PIERFILIPPO CERRETTI[b, c]

[a]University of Genova;
[b]Sapienza University of Roma;
[c]Museo di Zoologia, Polo Museale Sapienza

Historically, biological collections had a prominent role in disclosing the diversity of life across the globe, developing into natural history museums, which became not only the repository of type specimens but also the fundamental basis for any comparative study, the prerequisite of taxonomy. From the second half of the nineteenth and in the twentieth century, taxonomy lost its ground in biological sciences, inevitably leading to repercussions on the role of natural collections, sometimes even questioning their relevance. In the last decades, biodiversity loss hastened at a quick pace as climate change, pollution and rampant habitat destruction affect the whole world. Museums are becoming mausoleums, preserving the remains of lost organisms. Nevertheless, natural history collections are probably more important in these critical times. Large, informative collections serve as a basis to build up extensive databases that can help to shed light on the changes in biomass, abundance, composition of insect communities helping to unambiguously quantify the impact on ecosystems of anthropic activities, becoming the only way to unambiguously assess changes across time. Finally, natural history collections are also fundamental in conservation biology, allowing to locate and protect areas of main concern and of preservation priority.

OVERVIEW OF INSECT POLLINATORS IN EUROPE AND IMPORTANCE OF RED LISTS FOR THEIR CONSERVATION

MARINO QUARANTA[a] - IGNIAZIO FLORIS[b]

[a]Consiglio per la ricerca in Agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente.
[b]University of Sassari.

Several reviews highlight the global decline of insects, including pollinators, thus increasing concern for long- term sustainability in terms of plant biodiversity, food production, nutrition and human well-being. Europe hosts a wide diversity of insects that pollinate wild and cultivated plants. The main groups of insect pollinators include bees, hoverflies, butterflies, beetles and wasps, but a number of insects belonging to other Orders or Families may contribute to plant pollination. Here, we provide an overview of the variety of insect pollinators present across Europe, including species richness, abundance, biology diversity, endemism and current status and trends of their populations.

The International Union for Conservation of Nature (IUCN) European Red List for bees shows that 37% of bee species suffer from declining populations. In addition, 9% of all bees and 26% of bumblebees are classified as threatened, whereas data for 57% of species are deficient and, therefore, cannot be assessed. In some cases, national Red Lists in Europe indicate that up to 40% of bee species are threatened.

The IUCN Red List for butterflies of continental Europe shows that 31% of species have declining populations and 9% of species are classified as threatened. The National Red lists for butterflies indicate that on average 27% of species are considered threatened within the 24 EU countries with existing red lists.

SEARCHING A VALUE FOR AGROBIODIVERSITY, FUNCTIONING AND SERVICES

FRANCESCO CARACCIOLO[a,b]

[a]University of Naples, Federico II.
[b]Development Impact Unit, Alliance of Bioversity International and CIAT.

Biological diversity or biodiversity delivers and maintains broader services and benefits on which society and economic activities largely depend (Daily 1997): however, even if a human being could not survive without these services, it remains a tricky task and controversial issue to attribute to the biodiversity a comprehensive *value*. Indeed, this *value* should recognize the biodiversity role as the natural provider of several ecosystem services, including direct economic benefits, but it should also cover ethical and aesthetical aspects of the natural resources (Ehrlich, 1991). Precise economic assessments are particularly complex given knowledge gaps about the biological relationship between biodiversity, the ecosystem functioning, and the generated benefits (Tisdell, 2015). Although the difficulties of the task, the attribution of an economic value to biodiversity, or at least to a subset of its services, remain essential for legitimizing its strategic role in the eyes of public and private actors which decisions are taken primarily on economic grounds and may help set a higher priority for its conservation.

This contribution will first summarize the complex relations between biodiversity and ecosystem services since the latter provides a starting point towards identifying and valuing biodiversity benefits by bridging the gap between ecology and economics (Chan *et al.*, 2012); secondly, it will illustrate the main theoretical and empirical approaches developed in the literature, with a particular focus, on agricultural biodiversity.

The aim of this contribution is to provide a clear understanding of the economic principles involved, helping entomologists to become more familiar with the economic issues involved in valuing biodiversity and its agro- ecosystems functions.

9 JUNE 2020
Biodiversity and Ecosystem Services - *Biodiversità e Servizi Ecosistemici*

AGROECOLOGICAL PRACTICES USING BIODIVERSITY FOR THE PROVISION OF ECOSYSTEM SERVICES IN AGRICULTURE

ALEXSANDER WEZEL[a]

[a]ISARA, AgroSchool for Life, Agroecology and Environment research unit, Lyon, France.

Agricultural production should provide sufficient food for the world's population while being economically beneficial for farmers, environmentally friendly, and socially acceptable. In addition, the basic food commodities should also be available at affordable prices for low-income people without impairing the quality. The foundations of this agriculture are the different practices farmers apply for crop and livestock production. Here agroecological practices play a crucial role as they try to valorise in the best way possible ecological processes and ecosystem services by integrating them as fundamental elements in the development of agricultural practices in different farming systems. Many agroecological practices already exist around the world, and are applied to different degrees in different regions, under various climatic conditions.

This talk will provide an overview about the large diversity of agroecological practices, and then focus on agroecological practices using biodiversity and diversification of cropping systems with the aim to valorise best ecosystem services. Some examples will be presented, among them diversified rotations, producing natural enemies in the field, using natural habitats for conservation biological control, and relay intercropping and cover crops for weed control or nitrogen fixation. The potential use of these agroecological practices for future agriculture will be also evaluated, but also how they contribute to bringing back more biodiversity in agricultural landscapes in particular functional biodiversity such as natural enemies or pollinators and (re)creating habitats for them.

BUILDING CONFIDENCE IN BENEFICIALS: CONSERVATION BIOCONTROL OF INSECT PESTS IN OILSEED RAPE CROPS

SAMANTHA COOK[a]

[a]Rothamsted Research, Harpenden, UK.

An important Ecosystem service is the biological control of pests. Here I report on a recent cooperative project carried out in Bolgheri, an Italian prestigious area for the production of top-quality wines. The project originated from a partnership between University and growers for the management of *Lobesia botrana* (Lb) and *Planococcus ficus* (Pf). Insecticides adopted against these pests have been showing a limited efficacy, so that vineyard managers asked University for help. The proposed strategies were mating disruption (MD) for Lb and biological control agents (BCAs) for Pf. The program was handled by a technical working group (TWG) composed of University and Wineries personnel. The positive results obtained since the first year in the vineyards treated with MD and BCAs fostered the development of trust and cooperation among all parties. A local campaign was promoted by TWG to communicate, educate and collaborate with decision-makers, with the aim to train growers to recognize, monitor, and promote the non-insecticidal methods, as well as to monitor pest population abundance, through field day activities, lectures and presentations, print articles and posters, a dedicated website and videos uploaded on social media. Growers shared information and related their experiences through peer networks that strengthened the formal educational program. The proposed action plan drastically reduced insect populations and was gradually adopted by several farms in the area. Three years later MD and BCAs have been adopted on about 1,000 ha, with excellent results obtained in the control of Lb and VMB, and almost complete abandon of insecticides.

BIOLOGICAL CONTROL AS AN ECOSYSTEM SERVICE: AN AREA-WIDE PEST MANAGEMENT PROGRAM IN A FAMOUS WINE-GROWING AREA OF TUSCANY

ANDREA LUCCHI[a]

[a]University of Pisa.

An important Ecosystem service is the biological control of pests. Here I report on a recent cooperative project carried out in Bolgheri, an Italian prestigious area for the production of top-quality wines. The project originated from a partnership between University and growers for the management of *Lobesia botrana* (Lb) and *Planococcus ficus* (Pf). Insecticides adopted against these pests have been showing a limited efficacy, so that vineyard managers asked University for help. The proposed strategies were mating disruption (MD) for Lb and biological control agents (BCAs) for Pf. The program was handled by a technical working group (TWG) composed of University and Wineries personnel. The positive results obtained since the first year in the vineyards treated with MD and BCAs fostered the development of trust and cooperation among all parties. A local campaign was promoted by TWG to communicate, educate and collaborate with decision-makers, with the aim to train growers to recognize, monitor, and promote the non-insecticidal methods, as well as to monitor pest population abundance, through field day activities, lectures and presentations, print articles and posters, a dedicated website and videos uploaded on social media. Growers shared information and related their experiences through peer networks that strengthened the formal educational program. The proposed action plan drastically reduced insect populations and was gradually adopted by several farms in the area. Three years later MD and BCAs have been adopted on about 1,000 ha, with excellent results obtained in the control of Lb and VMB, and almost complete abandon of insecticides.

RURAL LANDSCAPE MANAGEMENT AT DIFFERENT SPATIAL SCALES AND FUNCTIONAL DIVERSITY

GIOVANNI BURGIO[a]

[a]University of Bologna

The rural landscape management, including the different scales of application, play a fundamental role in the enhancement of functional biodiversity and associated ecosystem services. Common Agricultural Policy that are based on multifunctional agriculture have sanctioned, *de facto,* a series of ecological principles that sustain the scientific philosophy of biological control and the adoption of sustainable pest management models. This intervention deals with the habitat management methods, with particular reference to the management of ecological infrastructures. Agri-environmental interventions are reviewed focusing on functional diversity enhancement and conservation, with examples within the scenario of pest management and conservation biological control. The aspects related to the practical applications of habitat management are critically discussed, by an analysis of advantages and the need to prevent potential disservices.

INSECT BIODIVERSITY RECOVERY. LET'S ACT!

LOUISE E.M. VET[a]

[a]Netherlands Institute of Ecology and Wageningen University

This confusing Corona crisis makes us even more aware of the underlying problem: the destructive habits of *Homo sapiens*, the most invasive species on Earth! More rapid than ever we globally lose natural habitat and well-functioning ecosystems that we, as humans, are part of and dependent on! Not only insects but biodiversity as a whole are declining due to multiple human-induced stress factors: habitat loss and fragmentation, pollution, invasive species and climate change. But how can we reverse the trend? Well, first of all, let's be positive, everybody knows the saying 'never waste a good crisis' so this Corona misery may hopefully initiate a promising reset of our economic system and values. We need to turn our destructive economy into one of symbiosis between ecology and economy. Working WITH nature instead of AGAINST it. I plea for learning from nature's 3.8 billion years of experience to guide the transition. With a focus on a system approach and building resilience. Examples that insects can benefit from are nature-inclusive agriculture in a wider landscape approach, increasing landscape heterogeneity and creating novel habitats in public spaces. Biodiversity recovery asks for more than scientific knowledge. As scientists we have to work together with the wider public, farmers, land managers, decision makers. In the Netherlands we have started this positive movement and we are progressing internationally. I will plea that leadership, communication and especially positive advocacy will be vital to reach our goals of sustainability and biodiversity recovery.

CLASSICAL AND FORTUITOUS BIOLOGICAL CONTROL, WHEN THE EXOTIC IS USEFUL

LUCIANA TAVELLA[a]

[a]University of Torino

Globalization, international trade and environmental changes have facilitated the movement and the subsequent establishment of exotic organisms, including insects. Usually, we associate the term "exotic" with invasive harmful pests, neglecting beneficials. Classic biological control exploits the exotic beneficials to contain the pests accidentally introduced into our area. The aim is to restore the natural balance in the ecosystem, which the new invasive insects not accompanied by their natural enemy complex altered. Classical biological control has been applied worldwide for over a century, starting from the case of *Rodolia cardinalis* against *Icerya purchase* to the case of *Torymus sinensis* against *Dryocosmus kuriphilus*, and includes very successful cases but also unsuccessful ones due to multiple factors. Sometimes, however, the exotic beneficials can spontaneously follow their prey or host in the invasion pathways, and establish in the new areas, giving rise to a fortuitous biological control, which is sometimes unknown in the native area. The record of adventive populations of the exotic egg parasitoids of *Halyomorpha halys* in both North America and Europe falls in this context. Therefore, a large-scale multiplication and release programme of *Trissolcus japonicus* is implemented in Italy to help and speed up its natural colonization. Here, we report some recent cases of classical and fortuitous biological control in Italy, and analyse the associated benefits and risks.

FOOD WEBS IN AUGMENTATIVE AND CONSERVATION BIOCONTROL

LUCIA ZAPPALÀ[a]

[a]University of Catania

Arthropod biodiversity is one of the most important components of agroecosystem resilience against invaders. Indeed, among the various factors that can influence the spread and the invasion speed of exotic pests invading new territories, the efficiency of the complex of indigenous natural enemies can play a key role. One strategy to improve their ecological services is enhancing habitat diversity through the provision of semi-natural vegetation within or near agricultural fields. An alternative and potentially complementary avenue for enhancing biological control is the release of mass-reared natural enemies in large numbers to obtain an immediate control of pests. In fact, augmentative releases of natural enemies have proven to be an environmentally and economically sound alternative to chemical pest control in a wide range of crop systems. Traditionally, the most investigated aspects in evaluating the efficacy of these beneficials are the basic biological traits and their ecological services in controlling the pest. However, new complex multitrophic interactions among natural enemies, pests and plants take place and the resulting food webs may have an impact on the efficacy of biocontrol. Examples will be given of the role of food webs in the biological control of key pests in fruit and vegetable crops.

HOW DOES CHEMICAL ECOLOGY CONTRIBUTE TO IMPROVING CONSERVATION BIOLOGICAL CONTROL?

STEFANO COLAZZA[a] - EZIO PERI[a] - ANTONINO CUSUMANO[a, b] - SALVATORE GUARINO[b]

[a]University of Palermo.
[b]Institute of Biosciences and Bioresources (IBBR) - National Research Council of Italy (CNR).

Arthropod biodiversity is one of the most important components of agroecosystem resilience against invaders. Indeed, among the various factors that can influence the spread and the invasion speed of exotic pests invading new territories, the efficiency of the complex of indigenous natural enemies can play a key role. One strategy to improve their ecological services is enhancing habitat diversity through the provision of semi-natural vegetation within or near agricultural fields. An alternative and potentially complementary avenue for enhancing biological control is the release of mass-reared natural enemies in large numbers to obtain an immediate control of pests. In fact, augmentative releases of natural enemies have proven to be an environmentally and economically sound alternative to chemical pest control in a wide range of crop systems. Traditionally, the most investigated aspects in evaluating the efficacy of these beneficials are the basic biological traits and their ecological services in controlling the pest. However, new complex multitrophic interactions among natural enemies, pests and plants take place and the resulting food webs may have an impact on the efficacy of biocontrol. Examples will be given of the role of food webs in the biological control of key pests in fruit and vegetable crops.

DOUBLE DOUBLE TOIL AND TROUBLE: THE COUNTRYSIDE IS DISMAL FOR BEES AND POLLINATION

ROBERT J. PAXTON[a]

[a]Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany

There is considerable concern for the plight of bees because of perceived declines of honey bees and range restrictions of many wild bee species. The causes of these declines are widely acknowledged to be a combination of habitat degradation/destruction, loss of floral/nesting resources, and exotic pest/pathogens. Less is known about knock-on consequences of bee declines for the ecosystem service of pollination. Toward this end, my group and I have championed methods to quantify pollination by insects, including the use of potted plants that act as 'pollinometers', and employed them to quantify pollination service provision across habitats. On the one side, our measures of bee density and diversity through field sampling and observations of flower visitors correlate well with plant pollination success, suggesting that the monitoring of bees is a suitable, quantitative proxy for the ecosystem service pollination. On the other side, our 'pollinometer' assays suggest that provision of the ecosystem service of pollination is low in the countryside but high in the city, where bees also fare well. Urban sites are not, though, a panacea for all insects; advocating urban sprawl will not reverse ongoing insect declines. Action needs to be undertaken in the countryside, where most of our pollinator-dependent crops are grown, to improve the lot of bees.

THE NEED FOR A HOLISTIC STUDY OF THE IMPACT OF BIOTIC AND ABIOTIC STRESS FACTORS ON THE CONSERVATION OF POLLINATORS

FRANCESCO NAZZI[a]

[a]University of Udine

Wild and domesticated bees provide a vital pollination service to the benefit of both natural and cultivated plants. Several stress factors can influence the survival of individual bees and the sustainability of the colonies of social species, thus indirectly affecting pollination. In particular, parasites and pathogens, some of which are shared by different species, represent a common cause of colony collapse in social species and can impair the survival of solitary bees. Xenobiotic substances that are used for crop protection, besides directly killing bees, can exert a number of sublethal effects both on wild and domesticated bees and can interact with parasites to aggravate their respective effect.

Furthermore, the lack of sufficient food resources of adequate quality, related to landscape degradation, can multiply the negative effects of other stressors. How the changing climate will shape this network of interactions is a matter that is still under scrutiny. All the above-mentioned factors have been studied in detail but their possible combined effect, which is what really matters under field conditions, has not been properly understood and this has profound implications for the management.

A sensible approach to preserve the essential contribute of bees to biodiversity and crop production must rely upon a holistic view of bees within the framework of interactions they entertain with the other ecosystem's components.

BIOPESTICIDES: A PERSPECTIVE ON THEIR SUBLETHAL EFFECTS ON BEES AND OTHER POLLINATORS

FEDERICO CAPPA[a] - RITA CERVO[a]

[a]University of Firenze

In the last few decades, biopesticides have been gaining increased attention and interest to develop environmentally friendly and safe approaches and tactics for pest management and to reduce the severe impact of synthetic biocides. Unfortunately, when it comes to non-target insects, such as pollinators, only the acute or chronic effects on survival after these treatments are generally tested. This approach is failing to assess all the potential adverse side-effects on more complex biological and behavioral traits that such biopesticides could have on pollinators. Although international boards have highlighted the need to include also behavioral traits, such as foraging, when assessing risks of plant protection products on bees, no substantial concerns have been raised about the risks associated with sublethal exposure to these agents in terms of individual behavioral alterations and loss of colony integrity and efficiency for social species. Given the dramatic decline of insect pollinators and the increasing demand for a sustainable agriculture, it appears compelling that the so far neglected side-effects on bees and other pollinators should be more thoroughly assessed before allegedly safe biopesticides can be used in the field. Here, we will provide a brief review of the most recent work investigating sublethal behavioral effects of biopesticides on pollinators, focusing on the studies carried out by our and other research groups.

THE ECOLOGICAL ROLE OF THE HONEY BEE

PAOLO FONTANA[a]

[a]Fondazione Edmund Mach

Apis mellifera Linnaes, 1758, is often referred to as the domestic bee but, despite being bred for several thousand years, this insect has not undergone any domestication process as Charles Darwin had already shown in his writings. The ecological role of this species is however controversial so that often the honey bee is placed in contrast with the other Apoidea or even defined as an alien insect. If this can be true outside the original range of this species, Apis mellifera is the main pollinator in large pate of Europe, Africa, the Middle East and in some areas of Central Asia. The ability to pollinate most of the Magnoliophitae but above all the size of the Apis mellifera companies, make it possible for a single colony of this bee to pollinate several billion flowers in a year of at least 30 km^2. The dramatic disappearance of the unmanaged colonies of Apis mellifera, which occurred in Europe in the last 40 years, after the advent of the mite *Varroa destruictor*, have put in crisis not only beekeeping but certainly also many ecological balances. In this sense, however, certain data are lacking, because unfortunately, as regards the pollinators of natural habitats, *Apis mellifera* has always been poorly considered. The situation in recent years is changing and the world of research is giving new impetus to these studies.

160 - Pagina bianca

Seduta pubblica, Firenze 20 novembre 2020

Tavola Rotonda su:

ATTUALI PROBLEMATICHE IN ACAROLOGIA

Coordinatori:
Antonella Di Palma e Enrico de Lillo, Accademici

162 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 163-166

DETECTION AND IDENTIFICATION OF INVASIVE MITES AND REGULATORY MEASURES: A GLOBAL UPDATE

RONALD OCHOA[a] - CAL WELBOURN[b] - JURGEN OTTO[c] - DENISE NAVIA[d] - MARIA NAVAJAS[e]
FRANCISCO FERRAGUT[f] - ERIC MCDONALD[g] - GARY R. BAUCHAN[a]

USDA, ARS, Systematic Entomology Lab and Electron & Confocal Microscopy Unit, 10300 Baltimore Ave, Beltsville, MD, 20705, USA, ron.ochoa@ars.usda.gov
[b]*Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, National Insect and Mite Collection, Washington, D.C. 20560 USA. USA,* cwelbournflag@gmail.com
[c]*Department of Agriculture and Water Resources, Operational Science Services, 1 Crewe Place, Rosebery NSW 2075, Australia, Jurgen.* Otto@agriculture.gov.au
[d]*Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Cx. Postal 02372, 70.770-900, Brasilia, DF, Brazil,* denise.navia@embrapa.br
[e]*Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, Centre de Biologie et Gestion des Populations, 755 avenue du campus Agropolis, 34988 Montferrier sur Lez, cedex, France,* maria.navajas@supagro.inra.fr
[f]*Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universitat Politécnica de València. Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, Spain,* fjferrag@eaf.upv.es
[g]*USDA, APHIS, PPQ, 19581 Lee Road, Humble, Texas 77338, USA,* Eric.m.mcdonald@usda.gov
Summary della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Attuali problematiche in Acarologia". Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 20 novembre 2020.

Mites (Acariformes, Parasitiformes) are considered to be one of the largest groups of Arthropododa with estimated numbers from 5 to over 11 million species (Larsen *et al.,* 2017). The majority of mites are tiny from ~85 to 1000 µm, with color tones that help them to camouflage with the environment, making them difficult to detect at ports of entry worldwide (Navia *et al.,* 2010, Ferragut *et al.,* 2012). The increased international trade in all kind of commodities, from agricultural to industrial and technological products have resulted in augmented interceptions of potentially invasive organisms including a large number of mite species (Figs. 2-5). On the agricultural commodities the most commonly intercepted economically important organisms are the plant feeding mites, the predator mites and soil associated mites. The families Tetranychidae (Beard and Seeman, 2011, Quiros and Geraud-Pouey, 2008) and Eriophyidae (Navia *et al.,* 2010) are often collected, but species in the Tenuipalpidae (Roda *et al.*, 2010; Rodriguez *et al.*, 2020), Tarsonemidae, Tuckerellidae, Penthaleidae and stored products Acaridae (i.e. bulb mites, mold mites, cheese mites) have been increasing. In addition, other mite families (i.e. Tydeidae, Iolinidae, Phytoseiidae, Laelapidae, Winterschmidtiidae, Oribatidae, Galumnidae, etc.) associated with plants, wood, soil, construction materials and electronic parts are being intercepted in increasing numbers. Many of these mite families include important economic pests or potential pests of crops, fruit trees, stored products, forests, ornamentals, cattle and humans. Futhermore, the other parasitic mites, some of them with rickettsias and other diseases. Trade from countries where there is little or no information on the local mite fauna make it difficult to identify or prevent potential invasive species (Vasquez and Yelitza, 2020).

The most common equipment (Fig. 1) used to identify regulatory mite pests are sieves and hand lens, but the use of a light microscope, with good preparation techniques and high quality lenses are needed to avoid misidentifications. Furthermore, the digital images obtained with such equipment could also compromise identifications, here the inspectors could use online digital tools (Beard *et al.,* 2012, Klimov *et al.,* 2016) for comparison and species information. The use of high quality phase contrast and DIC lenses can help to capture clear morphological characters for identification. In addition, user friendly table top scanning electron microscopes (SEM) at port' of entry could help with the identification process and determine the potential of invasive of adventive species.

Key Words: invasive mites, adventive mites, Tetranychidae, Eriophyidae, Tenuipalpidae, Tarsonemidae, Tuckerellidae, Penthaleidae, Acariformes, Parasitiformes

ACKNOWLEDGMENTS:

To Debra Creel, Andrew Ulsamer (SEL-USDA) and Armando Rosario-Lebron (APHIS-USDA) for their help with references and technical support. The Smithsonian Natural History Museum and National Agricultural Library (NAL-USDA), SEL-

USDA for support and assistance with specimens and references. Mention of trade names or commercial products in this publication is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the USDA; USDA is an equal opportunity provider and employer.

REFERENCES

Beard J.J., Seeman O.D., 2011 - *Identification of exotic pest and Australian native and naruralised species of* Tetranychus *(Acari: Tetranychidae)*. - Zootaxa, 2961: 1-72.

Beard J.J., Ochoa R., Bauchan G.R., Trice M.D., Redford A.J., Walters T.W., Mitter C., 2012 - *Flat Mites of the World – EDITION 2 (2013).* Identification Technology Program, CPHST, PPQ, APHIS, USDA; Fort Collins, CO. [date you accessed site] http://idtools.org/id/mites/flatmites/

Ferragut F., Navia D., Ochoa R., 2012 - *New mite invasions in citrus in the early years of the 21st century*. - Experimental & Applied Acarology, 59(1-2):145-164.

Klimov P.B., OConnor B., Ochoa R., Bauchan G.R., Redford A.J., Scher J., 2016 - *Bee Mite ID: Bee-Associated Mite Genera of the World***.** USDA APHIS Identification Technology Program (ITP), Fort Collins, CO. [date of access] http://idtools.org/id/mites/beemites/

Larsen B.B., Miller E.C., Rhodes M.K., Wiens J.J., 2017 - *Inordinate fondness multiplied and redistributed: The number of species on earth and the new pie of life*. - The Quarterly Review of Biology, 92(3): 230-265.

Navia D., R. Ochoa R., Welbourn W.C., Ferragut F., 2010 - *Adventive Eriophyoid mites – a global review of their impact, pathways, prevention and challenges*. - Exp. Appl. Acarol., 51(1-2): 225-255.

Quirós M., Geraud-Pouey F., 2008 - Schizotetranychus hindustanicus *(Hirst) (Acari: Tetranychidae), new spider mite pest damaging citrus in Venezuela, South America*. In: Proceedings of the XI International Congress of Acarology; 8-13 September 2002. Mérida: Universidad Nacional Autónoma de México; 2008; pp. 255-256

Roda A., Dowling A., Welbourn C., Peña J., Rodrigues J.C., Hoy M., Ochoa R., Duncan R.A., De Chi W., 2010 - *Red Palm Mite situation in the Caribbean and Florida.* - Proceedings of the Caribbean Food Crops Society (2008), 44(1): 80-87.

Rodrigues J.C.V., Cosh M.H., Hunt Jr. E.R., de Moraes G.J., Barroso G., White W.A., Ochoa R., 2020 - *Tracking red palm mite damage in the Western Hemisphere invasion with Landsat remote sensing data*. - Insects, 11 (9): 627.

Vásquez C., Yelitza C., 2020 - *Invasive Mite Species in the Americas: Bioecology and Impact*. In :Pests Control and Acarology, Eds. D. Haouas and L. Hufnagel; Chapter 7; 103-126; InechOpen.

Fig. 1 – Tools for collecting mites. 1.1 Graduated sieves for washing samples. 1.2 A necessary tool for detection of spider mites is a 10X to 16X magnifying glass. A table magnifier is useful for quick scanning of suspect materials. A magnification of 60 X or higher is recommended for the stereo microscope. You will need a compound microscope to observe slide mounted material. 1.3 The Berlese funnel can be used to isolate mites from a sample. 1.4 Another way to sample for mites is by using a shaking technique with seed boro pans.

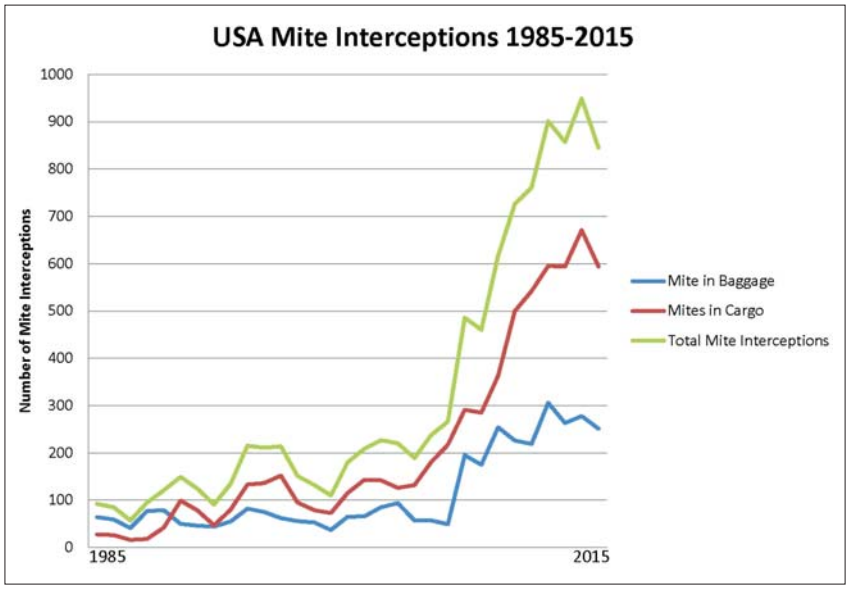

Fig. 2 – Mite interceptions in the USA from 1985-2015. Blue indicates mites found in baggage; Red indicates mites from cargo; Green indicates the total number of mite interceptions.

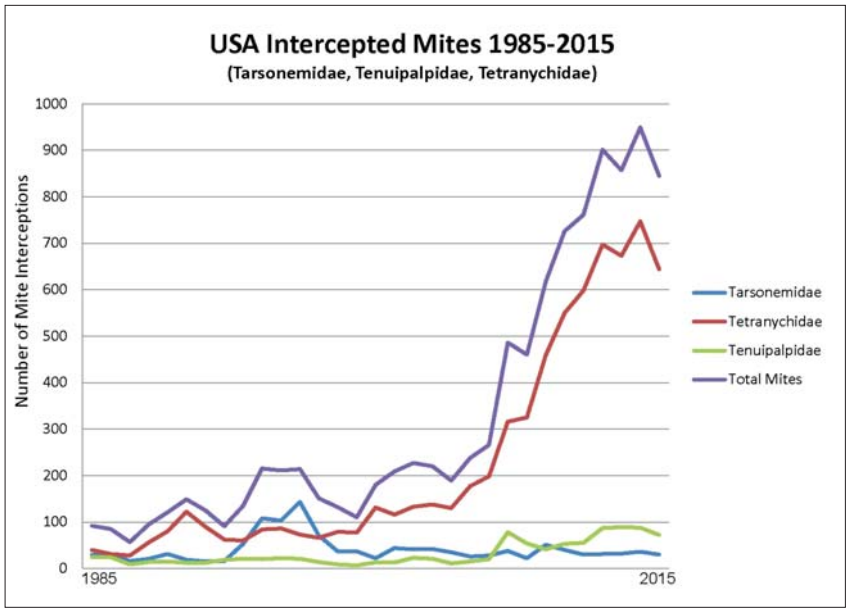

Fig. 3 – Intercepted Tarsonemidae, Tenuipalpidae and Tetranychidae in the USA 1985-2015. Blue indicated the number of Tarsonemidae; red indicated the number of Tetranychidae, Green indicated the number of Tenuipalpidae; Purple indicated the total number of mites.

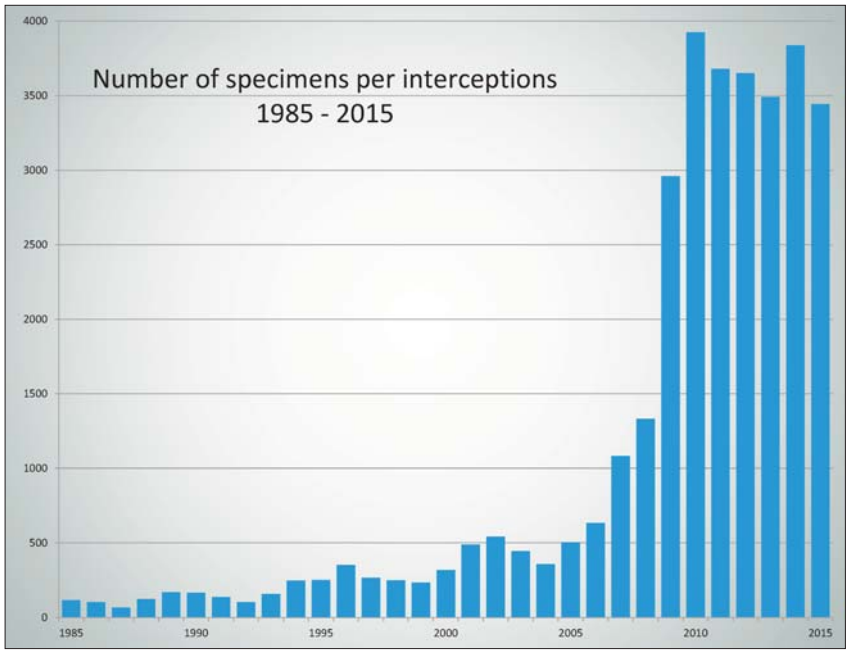

Fig. 4 – Number of specimens per interception in the USA. The number of specimens intercepted has increased significantly since 2007.

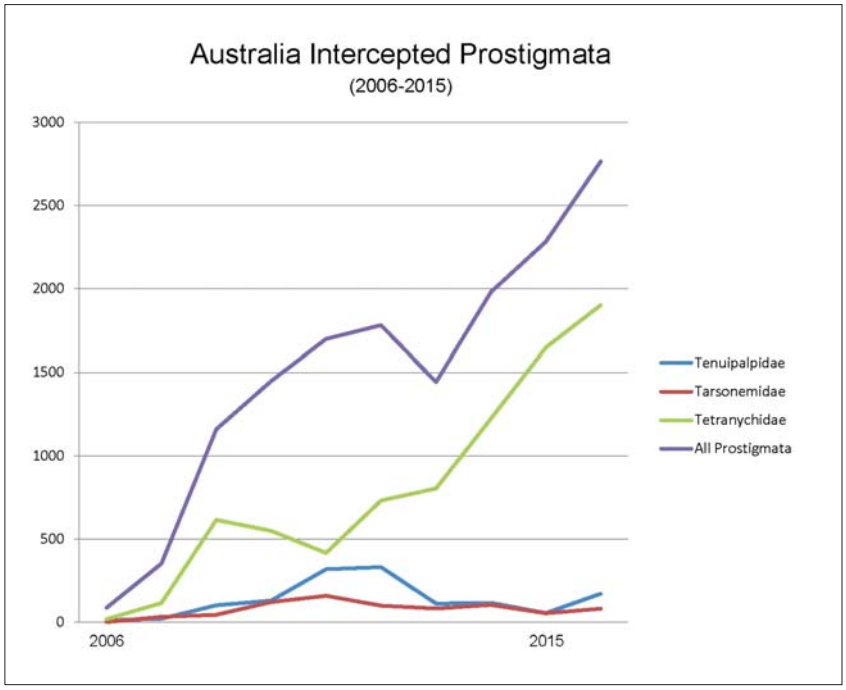

Fig. 5 – Numbers of intercepted Prostigmata in Australia. Blue indicated number of Tenuipalpidae; Red indicates Tarsonemidae; Green indicated Tetranychidae; Purple indicated all intercepted Prostigmata.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 167-175

SPECIE ALIENE DI RECENTE INTRODUZIONE IN ITALIA: STATO DELL'ARTE

HARALABOS TSOLAKIS[a] - ERNESTO RAGUSA[a]

[a]*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università di Palermo, Viale delle Scienze 13, 90128 Palermo, Italy*
E-mail: haralabos.tsolakis@unipa.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Attuali problematiche in Acarologia". Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 20 novembre 2020.

Alien mite species recently introduced in Italy: the present status of the art

Authors report a review of alien Tetranychidae and Phytoseiidae species recorded in the last half a century in Italy. Six tetranychid species are considered up to now as introduced in Italy, named *Oligonychus bicolor* (Banks, 1894), *Panonychus citri* (McGregor, 1916), *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917), *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, 1960, *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker & Abbatiello, 1976 and *Tetranychus ludeni* Zacher, 1913. Among Phytoseiidae, the neotropical *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot is probably the oldest exotic species in Italy, followed by *Neoseiulus californicus* (McGregor). The most recent introduction regards *Amblydromalus limonicus* Garman & McGregor found in Sicily in 2020.

INTRODUZIONE

Le specie esotiche di acari, accidentalmente introdotte in Europa negli ultimi decenni sono numerose e appartengono ai superordini Acariformes e Parasitiformes. Nel primo troviamo specie delle superfamiglie Tetranychoidea, Tarsonemoidea ed Eriophyoidea che appartengono all'ordine Trombidiformes e specie delle superfamiglie Sarcoptoidea e Acaroidea che appartengono all'ordine Sarcoptiformes. Nei Parasitiformes, invece, troviamo alcune specie di zecche dell'ordine Ixodida e specie della superfamiglia Phytoseioidea dell'ordine Mesostigmata (NAVAJAS *et al*., 2010; LINDQUIST *et al*., 2009). Tra le 77 specie fitofaghe considerate aliene o criptogenetiche per il territorio europeo, 37 appartengono agli Eriophyoidea e 27 ai Tetranychidae, mentre le informazioni relative agli acari predatori alieni appartenenti alla famiglia Phytoseiidae sono scarse e non sempre attendibili (NAVAJAS *et al*., 2010).

Per motivi legati alla scarse conoscenze disponibili per alcuni gruppi tassonomici e allo scopo di evitare una mera elencazione delle specie considerate aliene per il territorio italiano, saranno qui trattate quelle esotiche appartenenti alla nota famiglia Tetranychidae, che include le specie fitofaghe maggiormente dannose sulle colture agrarie e la famiglia Phytoseiidae che include le specie predatrici più comunemente utilizzate nei programmi di controllo biologico degli acari fitofagi. Per gli stessi motivi sopra riportati, i suddetti taxa saranno trattati solo in relazione alla loro presenza negli agroecosistemi, giacché le informazioni disponibili sulla presenza e le loro interazioni negli ecosistemi naturali sono limitate e frammentarie.

L'Acarologia è una disciplina piuttosto giovane e gli studi sistematici sull'acarofauna riguardano principalmente il continente europeo e le Americhe, lasciando gran parte del territorio mondiale scoperto da questo punto di vista. Ignoriamo, infatti, o non siamo in grado di definire con certezza, l'origine geografica di gran parte delle specie conosciute, specialmente di quelle polifaghe e cosmopolite. Spesso si attribuisce l'origine di una specie sulla base dell'origine del suo ospite principale (pianta o preda), ma certamente questo non è il metodo migliore per scoprire l'origine geografica di un acaro fitofago o predatore, considerata anche la grande plasticità genetica di questi microartropodi (ASHIHARA, 1987; BOUBOU *et al*., 2011; SZNAJDER *et al*., 2011; TIXIER *et al*., 2008).

Le specie aliene di acari fitofagi o predatori sono di solito introdotte in una nuova area geografica con le loro piante ospiti. Alcuni paesi, come l'Australia e gli Stati Uniti, sono molto attenti nel controllare i prodotti agricoli nei punti d'ingresso (aeroporti e porti), ma nel Vecchio continente il controllo legale rimane per lo più a livello teorico. Diversi esempi di introduzioni multiple della stessa specie aliena invasiva, confermano questo fatto per l'intera Europa e l'Italia non è certo un'eccezione. Al contrario, è il paese europeo con il maggior numero di specie aliene segnalate finora in Europa (NAVAJAS *et al*., 2010; MIGEON & DORKLED, 2021). Questo fatto potrebbe essere attribuito ad un sistema di controllo doganale meno accurato rispetto a quello degli agli altri paesi europei, oppure ad una maggiore presenza di specialisti e a maggiori sforzi per rilevare l'acarofauna negli ecosistemi naturali e negli agroecosistemi. Preferiamo,

– Pubblicato marzo 2021

ovviamente, la seconda ipotesi, ma anche la prima sembra essere attendibile.

Di norma, la presenza di una specie aliena si nota solo quando essa diventa invasiva e dannosa principalmente su colture agrarie o piante forestali. Se questo caso non si verifica, solo un'indagine casuale può rilevarne la presenza in una determinata regione.

Tetranychus ludeni Zacher è un buon esempio (Fig. 1). La specie è considerata di origine tropicale, anche se è stata trovata per la prima volta in Germania nel 1913 (Zacher, 1913). Successivamente, è stata segnalata in tutti i paesi del bacino Mediterraneo, ad eccezione dell'Italia, dove venne trovata per la prima volta nel 2014 su fagiolo coltivato e su *Ricinus communis* L. e, negli anni successivi, su varie piante coltivate e spontanee, spesso sulle stesse piante infestate da *Tetranychus urticae* (Koch) (Ragusa *et al*., 2018).

È difficile credere che la specie sia arrivata in Sicilia dopo un secolo dalla sua prima segnalazione in Germania. Probabilmente si tratta di un'introduzione remota e la mancata segnalazione potrebbe essere dovuta da una parte alla forte competizione di *T. urticae* con il quale la specie condivide quasi tutte le piante ospiti, dall'altra ad un'errata identificazione. Di fatto, le due specie si distinguono per la posizione di una doppia setola presente sul tarso del primo paio di zampe nelle femmine e dalla diversa forma dell'edeago nei maschi, ma è impossibile distinguerle con una lente d'ingrandimento o anche sotto uno stereoscopio.

Specie esotiche di Tetranychidae segnalate in Italia

Nella tabella 1 sono riportate le specie di tetranichidi considerate aliene per il territorio italiano. La prima specie esotica segnalata in Italia risulta *Oligonychus bicolor* (Banks) su *Castanea sativa* L. (Barbagallo, 1972) e successivamente rinvenuta anche nel resto del territorio nazionale su diverse essenze forestali (Bernini *et al*., 1995; Rigamonti & Lozzia, 1999). Si tratta di un acaro di presunta origine nearctica, presente anche in Portogallo (Carmona & Dias, 1980), Iran (Sepasgosarian, 1972) e Sud Africa (Baker & Tuttle, 1994).

Un anno più tardi è stato segnalato un altro tetranichide, *Panonychus citri* (McGregor), strettamente associato agli agrumi sia in pieno campo che nei vivai (Ciampolini & Rota, 1973). Si tratta di una specie polifaga con una particolare predilezione per le Rutacee, da cui si presume la sua origine orientale (Fleschner, 1952). *P. citri* si è poi diffuso in tutte le aree agrumicole italiane e, naturalmente, in Sicilia dove risulta particolarmente dannoso su agrumi coltivati in ambiente

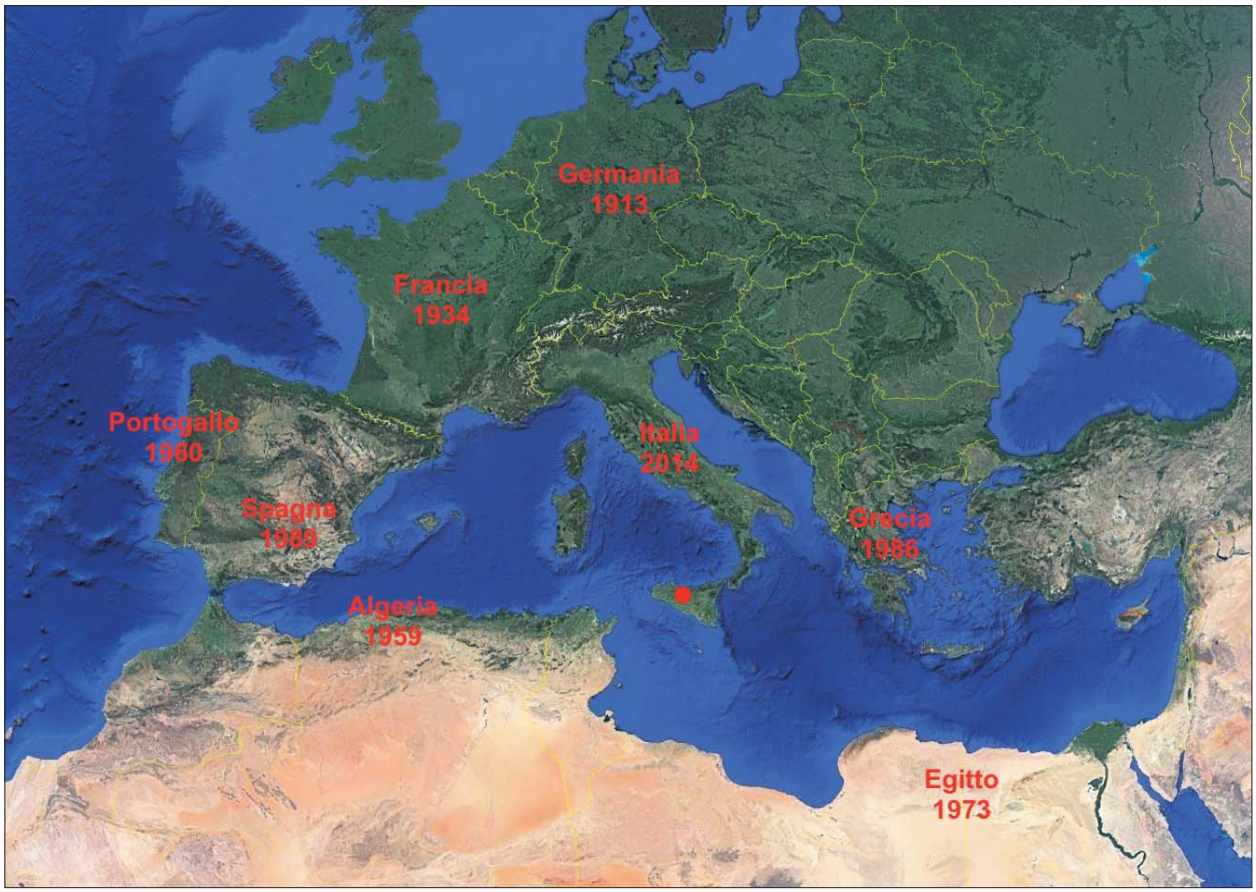

Fig. 1– Distribuzione e anno della prima segnalazione di *Tetranychus ludeni* nei vari paesi europei e del bacino del Mediterraneo.

Tabella 1 – Specie di tetranichidi esotici per il territorio italiano.

Specie	Anno di ritrovamento	Autori
Oligonychus bicolor (Banks 1894)	1972	Barbagallo, 1972
Panonychus citri (McGregor 1916)	1973	Ciampolini & Rota, 1973
Oligonychus ilicis (McGregor 1917)	1983	Rota & Biraghi, 1987
Tetranychus evansi Baker & Pritchard 1960	2005	Castagnoli *et al.,* 2006
Oligonychus perseae Tuttle, Baker & Abbatiello, 1976	2014	Zappalà *et al.,* 2015
Tetranychus ludeni Zacher 1913	2014	Ragusa *et al.,* 2018

protetto a scopo ornamentale (Fig. 2) dove è controllato principalmente con prodotti chimici di sintesi. Le infestazioni in campo si verificano di rado, principalmente durante l'autunno e in particolari condizioni anche in primavera. In Sicilia la specie è ben controllata dalla fauna di fitoseidi associati agli agrumi e in particolare da *Iphiseius degenerans* (Berlese), *Amblyseius andersoni* (Chant), *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) e *Typhlodromus rhenanoides* (Athias-Henriot), le quattro specie più comuni su *Citrus* durante l'autunno (Tsolakis *et al*., 2006). I fitoseidi precedentemente citati sono tutti considerati autoctoni nei paesi mediterranei. *Panonychus citri* è stato segnalato su più di cento piante ospiti, per la maggior parte spontanee, ma non sono disponibili dati sull'impatto di questa specie negli ecosistemi naturali italiani.

Il tetranichide *Oligonychus ilicis* (McGregor) fa la sua prima apparizione un decennio più tardi rispetto al precedente, segnalato su *Azalea* sp. e *Camellia* sp., due comuni specie ornamentali, nei vivai del Lago Maggiore (Nord Italia) (Rota & Biraghi, 1987). Anche questa specie è considerata di origine orientale, in base all'origine delle piante ospiti preferite dell'acaro, ovvero Camelia e Rododendro (Pritchard & Baker, 1955). Nei paesi dove è stata segnalata la sua presenza, la specie infesta anche diverse essenze forestali (ad esempio *Ilex*, *Acer*, *Buxus*, *Quercus*, *Abies*) e coltivate [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl, *Pyrus communis* L., *Oryza sativa* L.], ma ad oggi non ci sono dati sulla sua distribuzione e sulla piante ospiti per il nostro territorio.

Fig. 2 – Defogliazione provocata da forti infestazioni di *Panonychus citri* su agrumi ornamentali coltivati in ambiente protetto

La specie, però, che ha causato forti preoccupazioni in Europa e ovviamente in Italia, dopo la sua introduzione, è il ragnetto rosso del pomodoro, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard. Questa specie è originaria del Sud America (Gutierrez & Etienne, 1986), ma nell'ultima metà del secolo passato è stata segnalata anche nel Nord America (Wolfenbarger & Getzin, 1964), in alcune isole dell'Oceano Indiano (Moutia, 1958; Baker & Pritchard, 1960), in alcuni paesi dell'Africa (Meyer, 1987; Sibanda *et al*., 2000) e anche in alcuni paesi del Mediterraneo (El-Jaouani, 1988; Migeon *et al*., 2009; Bolland *et al*., 1998; Ben-David *et al*., 2007). Per quanto riguarda il nostro continente, *T. evansi* è stato rilevato per la prima volta in Portogallo nel 1995 (Ferreira & Carmona, 1995) e successivamente in Spagna (Ferragut *et al*., 1997). Dopo circa un decennio è stato segnalato nella Francia meridionale (Migeon, 2005), nel nord Italia (Castagnoli *et al*., 2006) e in Grecia (isola di Creta) (Tsagkarakou *et al*., 2007).

Le principali piante ospiti di *T. evansi* appartengono alla famiglia Solanaceae, che comprende numerose specie sia coltivate che spontanee. Tra quelle coltivate ricordiamo il pomodoro, la patata, la melanzana e il tabacco. La prima coltura, in particolare, è di grande rilevanza economica in Europa e ovviamente per l'Italia che risulta il maggior produttore in Europa con circa 100.000 ettari e 6 milioni di tonnellate di resa annua.

In Italia, la specie è stata rilevata in Liguria sia su pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) che sulla solanacea spontanea *Solanum nigrum* L. (Castagnoli *et al*., 2006). Dopo quest'ultima segnalazione, la preoc-

cupazione per un suo imminente arrivo in Sicilia era forte, giacché l'isola contribuisce con circa il 40% alla produzione nazionale del pomodoro in serra. Per questo motivo negli ultimi 15 anni abbiamo svolto indagini costanti principalmente su questa coltura, non trascurando altre Solanacee, sia coltivate che spontanee, nella Sicilia Occidentale, senza alcun esito fino all'estate 2018, quando abbiamo rilevato forti infestazioni del tetranichide su *S. nigrum* e anche su *S. lycopersicum* e *Solanum melongena* L. In particolare su quest'ultima *T. evansi* è risultato associato a *T. urticae* e *T. ludeni*, spesso sulla stessa pianta e talvolta anche sulla stessa foglia (Ragusa *et al*., 2018).

Nel 2019 la specie era diffusa nelle province di Palermo e Trapani su *S. nigrum* e su alcune colture di pomodoro, ma durante l'estate del 2020 è stata trovata solo una volta su melanzana coltivata in biologico. È interessante osservare che durante i campionamenti effettuati nello stesso periodo su *S. nigrum* non è stato trovato neanche un esemplare di *T. evansi*.

C'è un intervallo di circa 15 anni tra la prima segnalazione in Liguria e la scoperta della specie in Sicilia. È stato questo il tempo necessario per attraversare la penisola italiana oppure la specie è arrivata da un altro territorio?

Per la Francia meridionale, Migeon (2005) ha avanzato l'ipotesi che il tetranichide avesse attraversato le zone costiere mediterranee della penisola iberica, arrivando nel sud della Francia. Infatti, dopo l'ultima segnalazione a Girona (Ferragut comm. pers. in Migeon, 2005), il tetranichide è stato trovato vicino al confine con la Spagna; il fatto che anche in Italia sia stato rinvenuto vicino ai confini con la Francia, renderebbe plausibile l'ipotesi di una sua lenta diffusione terrestre.

Tuttavia, studi recenti confutano questa teoria. Autori francesi (Boubou *et al*., 2012), utilizzando marcatori molecolari, hanno evidenziato molteplici introduzioni criptiche direttamente dal Sud America e anche indirettamente attraverso l'Africa. I suddetti autori presumono almeno tre introduzioni indipendenti di *T. evansi* in Europa: due appartenenti a linee parentali ma divergenti originarie del Brasile (una dalla costa atlantica e una dal sud-ovest del Brasile) e una terza, originaria del Brasile sud-occidentale, arrivata in Europa attraverso l'Africa.

In particolare, il ceppo proveniente dalla costa atlantica del Brasile sarebbe arrivato in Portogallo, mentre una prima introduzione si sarebbe verificata dalla parte sud-occidentale del Brasile verso la parte orientale dell'Africa e una seconda direttamente nel sud della Spagna. Inoltre, si verificarono altre due introduzioni indipendenti dall'Africa orientale nel sud e nell'est della Spagna. Il ceppo presente nell'agro di Valencia e Murcia è arrivato direttamente dall'Africa orientale. Successivamente lo stesso ceppo è stato rinvenuto anche nella parte sud-occidentale della Spagna, al confine con il Portogallo e in Italia, vicino al confine con la Francia. Popolazioni miste, inoltre, sono state trovate nel sud del Portogallo e poi nel nord-est della Spagna e nel sud della Francia (Torreilles). Lo studio ha, inoltre, indicato che una popolazione della Spagna meridionale, arrivata a seguito di una seconda introduzione dall'Africa orientale, si è mescolata con individui introdotti indipendentemente dal sud-ovest del Brasile, dando origine a una popolazione altamente polimorfa, definita "ceppo mediterraneo" che è stato segnalato anche in Tunisia e a Creta (Boubou *et al*., 2012).

Di che origine è, dunque, il ceppo siciliano? Non possiamo dare ancora una risposta certa, ma vista la distribuzione del "ceppo mediterraneo" è assai probabile che le popolazioni siciliane di *T. evansi* appartengano a quest'ultimo.

Quali sono gli scenari che si aprono a seguito della sua introduzione in Sicilia? Sulle Solanacee, almeno nel breve periodo e in agricoltura convenzionale, ci aspettiamo un miglioramento del controllo con prodotti chimici di sintesi, perché *T. evansi* è più suscettibile alle sostanze chimiche rispetto a *T. urticae,* il quale ha sviluppato negli ultimi decenni ceppi resistenti nei confronti di molti acaricidi. È questo uno scenario già visto in Spagna (Metto, 2005; Ferragut *et al*., 2013). Al contrario, in agricoltura biologica si prevede un peggioramento della situazione, perché i due principali acari predatori comunemente utilizzati per il controllo biologico di *T. urticae*, ovvero *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Neoseiulus californicus* (McGregor), non sono in grado di controllare *T. evansi* (de Moraes & McMurtry, 1985; Escudero & Ferragut, 2005). Quindi, le ricerche per scoprire nuove specie di fitoseidi autoctone o naturalizzate nel bacino Mediterraneo, in grado di controllarlo diventano prioritarie. Un'alternativa valida potrebbe essere l'importazione dal sud America di *Phytoseiulus longipes* Evans considerato un efficiente agente di biocontrollo di *T. evansi* (da Silva *et al*., 2008; Maniania *et al*., 2016) L'altro aspetto che sarebbe necessario approfondire è l'impatto ecologico di *T. evansi* sull'acarofauna locale. Nella zona di origine, il tetranichide è principalmente associato alle Solanacee. Ma l'acaro ha mostrato una grande plasticità nelle aree di nuova colonizzazione e in particolare in Europa, dove solo un quarto delle piante ospiti appartiene alla suddetta famiglia (Navajas *et al*., 2013). Considerando quest'ultima informazione, è ipotizzabile che la presenza di *T. evansi* avrà un impatto negativo sulle comunità degli acari negli ecosistemi naturali? Studi condotti in Spagna (Ferragut *et al*., 2013) hanno riportato un quadro ecologico piuttosto accettabile. Dopo l'invasione di *T. evansi* in Spagna, la presenza di *T. urticae* sulle piante spontanee è stata notevolmente

ridotta a favore sia di *Tetranychus turkestani* (Ugarov & Nikolskii) che di *T. evansi*, mentre *T. ludeni* non ne è stato influenzato. Anche l'intera comunità dei Tetranychidae non sembra avere subito cambiamenti rilevanti a seguito dell'intoduzione del nuovo invasore. D'altra parte, per quanto riguarda la comunità degli acari predatori appartenenti alla famiglia Phytoseiidae, non sono state riscontrate differenze prima e dopo l'invasione, sia per l'abbondanza delle quattro specie più comuni che per il numero di specie nel complesso (Ferragut *et al*., 2013).

Negli ultimi tre decenni, la superficie delle colture tropicali e subtropicali in Sicilia è notevolmente aumentata. Fino a qualche anno fa queste colture erano prive di gravi infestazioni da insetti e acari. Ma, come era facilmente prevedibile, anche per queste colture sono arrivate specie aliene di fitofagi, associati comunemente a queste colture nei paesi d'origine. Tra questi, ricordiamo *Oligonychus perseae* Tuttle, Baker & Abbatiello che infesta l'Avocado, coltura subtropicale di origine centroamericana (Bergh, 1992). Questa specie è considerata assai dannosa in Messico, attualmente il maggior produttore di avocado (85% della resa mondiale) e in California, dove la specie è frequentemente controllata con pesticidi di sintesi (Phillips & Faber, 1995).

Oligonychus perseae vive in colonie sotto una fitta ragnatela protettiva che forma un nido lungo le nervature della superficie inferiore delle foglie (Fig. 3). L'attività trofica degli acari produce sulle foglie infestate delle caratteristiche macchie necrotiche (Fig. 4). Il tetranichide è in grado di causare danni anche a densità di popolazione non particolarmente elevate: basta il 7-8% della superficie fogliare danneggiata per provocare la defogliazione parziale o totale degli alberi (Kerguelen & Hoddle, 1999; Aponte & McMurtry, 1997).

Oligonychus perseae è stata segnalata in Sicilia nel 2014 (Zappalà *et al*., 2015), e la sua presenza è attualmente circoscritta alle province di Catania e Messina. L'unico acaro fitoseide associato a *O. perseae* in Sicilia

Fig. 3 – Femmina giovane e uova di *Oligonychus perseae* sulla pagina inferiore di una foglia di avocado. Si può notare la ragnatela che forma il "nido" e il foro indicato con la freccia dal quale gli individui usciranno quando la superficie fogliare coperta dalla ragnatela sarà completamente danneggiata, per creare nuovi "nidi" sempre a ridosso delle nervature principali della foglia.

Fig. 4 – Foglia di avocado danneggiata dall'attività trofica di *Oligonychus perseae*. La superficie danneggiata è solamente quella sotto i "nidi" perché l'acaro si nutre esclusivamente quando si trova al riparo della ragnatela.

è il nativo *I. degenerans* che è la specie più comune in autunno su diverse colture agrarie. Non sono disponibili dati sulla sua efficacia nel controllo del tetranichide, mentre il naturalizzato *N. californicus*, potrebbe essere una valida alternativa giacché è considerato un importante agente di biocontrollo di *O. perseae* in California, Spagna e Israele, dove il tetranichide causa significative perdite economiche (Bender, 1993; Maoz *et al.,* 2010; Gonzalez-Fernandez *et al*., 2009). *Oligonychus perseae*, inoltre, è in grado di infestare anche *Ceratonia siliqua* L., *Malva* sp., *Salix* sp. e *Sonchus* sp., specie vegetali molto diffuse in Sicilia, anche se ad oggi non sono disponibili dati sulla sua presenza su queste specie vegetali.

Cosa succede nel terzo livello trofico ed in particolare nell'acarofauna utile appartenente alla famiglia Phytoseiidae?

La fauna dei Phytoseiidae in Italia conta ad oggi 100 specie valide, 68 delle quali sono presenti in Sicilia (Tsolakis & Ragusa, 2020; Tsolakis *et al.,* 2020). Per la maggior parte di esse si presume un'origine paleartica, basata sulla loro distribuzione, sulla preferenza alimentare e sulle piante ospiti. Infatti, anche se gli acari fitoseidi sono predatori, mostrano stretti rapporti con le piante, dovuti sia ad interazioni chimiche che fisiche (Walter, 1992, 1996; Walter & O'Dowd, 1992; Karban *et al.,* 1995; Seelmann *et al.,* 2007; Ferreira *et al.* 2008). Alcune specie, invece, sono criptogenetiche.

Neoseiulus californicus ad esempio, è considerato di origine neotropicale (Beaulieu & Beard, 2018), ma ormai è presente in tutti i paesi del Mediterraneo. È stato importato in Israele dalla California all'inizio degli anni '70 (Swirski *et al.,* 1970) e in seguito probabilmente si è diffuso in Europa. Le prime segnalazioni italiane risalgono alla fine degli anni '80 (Calvitti & Tsolakis, 1992). Tuttavia, dopo 30 anni è ancora considerata una specie rara negli ecosistemi naturali.

Un'altra scoperta interessante è una specie geneticamente vicina al summenzionato *N. californicus*, ovvero *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma. La specie è di certa origine neotropicale, ampiamente diffusa in Sud America (Tixier *et al.,* 2011). E' stata trovata nel 2001 nella provincia di Palermo su fragole infestate da *T. urticae*, associata a *P. persimilis*. Svolge un'efficace attività predatoria in associazione con *P. persimilis*, in modo simile a *N. californicus*. *Neoseiulus idaeus* è presente principalmente negli ecosistemi antropici. È difficile immaginare come questa specie sia arrivata in Sicilia, perché fino ad ora non è disponibile in commercio.

Per quanto riguarda *P. persimilis*, recenti studi filogenetici gli attribuiscono un'origine neotropicale, ma è ampiamente diffuso sia negli ecosistemi naturali che antropici in tutto il Bacino del Mediterraneo. D'altra parte, la specie è stata descritta da esemplari raccolti in Algeria (Athias-Henriot, 1957), cosa che fa supporre che la sua presenza nei paesi del Mediterraneo potrebbe risalire a oltre un secolo fa. Attualmente *P. persimilis* rappresenta il più importante agente di biocontrollo di *T. urticae* a livello mondiale.

Typhlodromus (*Anthoseius*) *singularis* Chant rappresenta un caso, invece, singolare, legato stavolta ad ecosistemi naturali. La specie, infatti, è stata recentemente segnalata per la regione Paleartica sulla base di esemplari raccolti su *Larix decidua* Mill. e *Sorbus aucuparia* L. in Valle d'Aosta a circa 1.500 m s.l.m. (Tsolakis & Ragusa, 2020). Ad oggi, era stata nota solo nella regione Neartica e in particolare in Canada e USA.

Neoseiulella carmeli (Rivnay & Swirski) fino alla metà degli anni '90 era stata segnalata solo in Israele (Rivnay & Swirski, 1980; Swirski & Amitai, 1997). In territorio italiano è stata trovata nell'isola di Pantelleria, dove era molto diffusa sia su piante coltivate che spontanee (Ragusa Di Chiara & Tsolakis, 1995). E' interessante notare che l'isola è più vicina al continente africano che alla Sicilia, dove la specie non è stata mai trovata in più di 50 anni di indagini costanti.

Anche *Typhlodromus* (*Anthoseius*) *jordanis* Rivnay & Swirski, come la specie precedente, è stata a lungo nota solo nel territorio di Israele (Rivnay & Swirski, 1980). Ragusa Di Chiara & Tsolakis (1995) hanno rinvenuto questa specie solo su *Tamarix* spp. nell'isola di Pantelleria. E anche per questo fitoseide, l'ambiente particolare di quest'isola sembra influire maggiormente rispetto alla pianta ospite. Infatti, non si è riusciti a trovare la specie in Sicilia anche dopo specifiche ricerche sulla stessa pianta ospite in gran parte della regione (Tsolakis *et al.,* 2020). Non ci sono ad oggi dati sulla bio-ecologia di questa specie.

Typhlodromus (*Typhlodromus*) *knisleyi* Denmark, rappresenta un caso particolare. È stata descritta da materiale raccolto su *Tsuga canadensis* (L.) Carrière nel New Jersey (USA) nel 1992 (Denmark, 1992). Successivamente ne è stato rinvenuto un solo esemplare nella foresta vergine di Fraktò (Grecia) (Tsolakis & Ragusa, 2009). In Sicilia, la specie è stata trovata associata a *Quercus* spp. sulle montagne delle Madonie (Tsolakis & Ragusa, 2020). Va ricordato, a tal proposito, che gli esemplari erano stati raccolti nel 1972, cioè 20 anni prima della descrizione della specie da parte di Denmark. Sorge dunque il dubbio sulla reale origine dell'acaro: paleartica o neartica? E' impossibile fornire una risposta razionale e in ogni caso si possono formulare solo ipotesi anche sulla modalità di spostamento della specie sia in un senso che nell'altro. L'unica cosa certa è che si tratta di una specie rara associata principalmente alle piante forestali e che

dopo il 1972 non è stata più raccolta in Sicilia né su querce né su altre piante ospiti.

Infine, l'ultimo arrivato della cui origine aliena siamo stavolta certi è *Amblydromalus limonicus* Garman & McGregor. La specie è di origine neotropicale ed era stata importata in Europa per scopi di ricerca negli anni '90 (VAN HOUTEN *et al*., 1995). In seguito, nel 2011, l'acaro è stato rinvenuto in pieno campo in Spagna su melo e piante spontanee (ESCUDERO-COLOMAR & CHORAZY, 2012). Si tratta di un predatore generalista in grado di nutrirsi e riprodursi sia su insetti (Aleirodidi e tripidi) che su acari (HOOGERBRUGGE *et al.,* 2011; KNAPP *et al.,* 2013), disponibile in commercio dal 2012 in vari paesi europei. *Amblydromalus limonicus* risulta acclimatato in Spagna dove si trova comunemente su varie piante sia coltivate che spontanee (CHORAZY *et al.,* 2016).

In Sicilia è stato trovato su melanzana coltivata in biologico nel settembre 2020, associato a *T. urticae* e *T. evansi*. La specie sembra aver trovato habitat favorevoli nel bacino del Mediterraneo, ma non abbiamo ancora dati sulla sua distribuzione nel territorio siciliano.

CONSIDERAZIONI

Il numero di specie esotiche di tetranichidi introdotte nel territorio italiano è piuttosto limitato se lo si confronta con il numero di insetti che nello stesso periodo di tempo è stato segnalato sia su colture agrarie che forestali. Qualche specie, come ad esempio *P. citri,* ha destato forti preoccupazioni nei primi anni dopo il suo arrivo a causa delle forti infestazioni provocate sugli agrumi. Bisogna, tuttavia, ricordare che negli anni '70 e '80 la lotta chimica con fitofarmaci a vasto spettro d'azione era la tecnica di controllo maggiormente adottata per il controllo delle specie fitofaghe; questa tecnica, spesso abusata, portava all'eliminazione quasi totale dell'acarofauna utile, particolarmente ricca sugli agrumi (RAGUSA, 1986), con conseguenti esplosioni demografiche di *P. citri* ma anche di *T. urticae*. Da quando, invece, la lotta chimica sugli agrumi è stata fortemente ridimensionata, le infestazioni dell'acaro in pieno campo sono diventate rare. D'altra parte, *P. citri* continua ad essere un serio problema per la coltivazione di agrumi ornamentali in serra, dove la soglia del danno estetico e ancor più la diffidenza dei produttori verso il controllo biologico non permettono l'applicazione di tecniche alternative alla lotta chimica. Per quanto riguarda *O. perseae* e *T. evansi,* ulteriori indagini dovranno essere svolte nel prossimo futuro per verificare la loro diffusione nel territorio e l'effettiva dannosità sulle colture agrarie. Di fatto, la dannosità di una specie aliena è spesso presunta e l'adozione delle tecniche di controllo si basa perlopiù sulle notizie disponibili da altri territori, piuttosto che sull'esatta valutazione del danno economico reale e della resilienza del territorio di riferimento. Il numero di specie appartenenti all'acarofauna utile in Italia è consistente e in molti casi si è dimostrata in grado di attenuare gli sconvolgimenti che abitualmente porta l'introduzione di una specie aliena.

AUTORI CITATI

APONTE O., MCMURTRY J.A., 1997 - *Damage on "Hass" avocado leaves, webbing and nesting behavior of* Oligonychus perseae *(Acari: Tetranychidae)*. - Exp.Appl. Acar., 21: 265-272.

ASHIHARA W., 1987 - *Infestation and reproduction of the Citrus Red Mite,* Panonychus citri *(McGregor) (Acarina: Tetranychidae) on Leguminous Plants*. - Appl. Ent. Zool., 22(4): 512-518.

ATHIAS-HENRIOT C., 1957 - *Phytoseiidae et Aceosejidae (Acarina, Gamasina) d'Algerie. I. Genres* Blattisocius *Keegan,* Iphiseius *Berlese,* Amblyseius *Berlese,* Phytoseius *Ribaga,* Phytoseiulus *Evans*. - Bulletin de la Societe d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 48: 319–352.

BAKER E.W., PRITCHARD A.E., 1960 - *The tetranychoid mites of Africa*. - Hilgardia, 29: 455-574.

BAKER E.W., TUTTLE D.M., 1994 - *A guide to the spider mites (Tetranychidae) of the United States*. - West Bloomfield, USA, Indira Publishing House: 347 p.

BARBAGALLO S., 1972 -*Segnalazione di un acaro tetranichide dannoso al castagno in Sicilia.* - Entomologica, 8: 97-108.

BEAULIEU F., BEARD J.J., 2018 - *Acarine biocontrol agents* Neoseiulus californicus *sensu Athias-Henriot (1977) and* N. barkeri *Hughes (Mesostigmata: Phytoseiidae) redescribed, their synonymies assessed, and the identity of* N. californicus *(McGregor) clarified based on examination of types*. - Zootaxa, 4500 (4): 451–507. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4500.4.1

BEN-DAVID T., MELAMED S., GERSON U., MORIN S., 2007 - *ITS2 sequences as barcodes for identifying and analyzing spider mites (Acari: Tetranychidae)*. - Experimental & Applied Acarology, 41: 169-181.

BENDER G.S., 1993 - *A new mite problem in avocados*. - In: California Avocado Society Yearbook 77, California Avocado Society, California: 73-77.

BERGH B., 1992 - *The Origin, Nature, and Genetic Improvement of the Avocado*. California Avocado Society 1992, Yearbook 76: 61-75.

BERNINI F., CASTAGNOLI M. NANNELLI R., 1995 - *Arachnida Acari*. Minelli, A., Ruffo, S., La Posta, S., Checklist delle specie della fauna italiana, Commission of the European Communities, 24: 24-66.

BOLLAND H.R., GUTIERREZ J., FLECHTMANN C.H.W., 1998 - *World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae)*. - Leiden, Brill Academic Publishers: 392 p.

BOUBOU A., MIGEON A., RODERICK G.K., AUGER P., CORNUET J.M., MAGALHAES S., NAVAJAS M., 2012 - *Test of colonization scenarios reveals complex invasion history of the red tomato spider mite* Tetranychus evansi. - PLoS One 7(4):e35601. DOI 10.1371/journal.pone.0035601.

BOUBOU A., MIGEON A., RODERICK G.K., NAVAJAS M., 2011 - *Recent emergence and worldwide spread of the red tomato spider mite,* Tetranychus evansi*: genetic variation and multiple cryptic invasions.* - Biol Invasions, 13:81–92 DOI 10.1007/s10530-010-9791-y.

CALVITTI M., TSOLAKIS H., 1992 - *Acari predatori fitoseidi presenti su alcune colture erbacee nel Lazio*. - Redia, 75(2): 529-535.

CARMONA M.M., DIAS J.C.S., 1980 - *O complexo Acarina nas culturas portuguesas*. - I. Congresso Português Fitiatria e Fitofarmacologia, Lisboa, Portugal: 97-115.

CASTAGNOLI M., NANNELLI R., SIMONI S., 2006 - *Un nuovo temibile fitofago per la fauna italiana:* Tetranychus evansi *(Baker e Pritchard) (Acari Tetranychidae)*. - Informatore Fitopatologico, 5: 50-52.

CHORAZY A., KROPCZYNSKA-LINKIEWICZ A., SAS D., ESCUDERO-COLOMAR L-A., 2016 -*Distribution of* Amblydromalus limonicus *in northeastern Spain and diversity of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in tomato and other vegetable crops after its introduction*. - Exp. Appl. Acarol., 69:465–478. DOI 10.1007/s10493-016-0050-5.

CIAMPOLINI M., ROTA P., 1972 - *Presenza in Italia di* Panonychus citri *(McGregor) (Acarina, Tetranychidae)*. - Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, 11: 195-205.

DA SILVA F.R., DE MORAES G.J., KNAPP M., 2008 - *Distribution of* Tetranychus evansi *and its predator* Phytoseiulus longipes *(Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) in southern Brazil*. - Exp. Appl. Acarol., 45:137-145. DOI 10.1007/s10493-008-9184-4.

DE MORAES G.J., MCMURTRY J.A., 1985 - *Comparison of* Tetranychus evansi *and* T. urticae *(Acari: Tetranychidae) as prey for eight species of phytoseiid mites*. – Entomophaga, 30(4): 393-397.

DENMARK H.A., 1992 - *A revision of the genus* Typhlodromus *Scheuten (Acari: Phytoseiidae)*. - Occasional Papers of the Florida State Collection of Arthropods, 7: 1-43.

EL-JAOUANI N., 1988 - *Contribution à la connaissance des acariens phytophages au Maroc et étude bio-écologique de* Tetranychus evansi *Baker et Pritchard (Acarina: Tetranychidae)*. - Rabat, Maroc, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II: 60.

ESCUDERO L.A., FERRAGUT F., 2005 - *Life-history of predatory mites* Neoseiulus californicus *and* Phytoseiulus persimilis *(Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to* Tetranychus evansi *(Acari: Tetranychidae)*. - Biological Control, 32: 378-384.

ESCUDERO-COLOMAR L-A., CHORAZY A. 2012 - *First record of* Amblydromalus limonicus *(Acari: Phytoseiidae) from Spain*. - International Journal of Acarology, 38(6): 545-546.

FERRAGUT F., ESCUDERO L.A., OLMEDA T., 1997 - Tetranychus evansi *Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles*. - Resúmenes de las VI Jornadas de la S.E.E.A., Edicions Universitat de Lleida: 66.

FERRAGUT F., GARZÒN-LUQUE E., PEKAS A., 2013 - *The invasive spider mite* Tetranychus evansi *(Acari: Tetranychidae) alters community composition and host-plant use of native relatives*. - Exp. Appl. Acarol. 60: 321-341. DOI 10.1007/s10493-012-9645-7.

FERREIRA J.A., BRECHTJE E., JANSSEN A., SABELIS M.W., 2008 - *Domatia reduce larval cannibalism in predatory mites*. - Ecological Entomology, 33: 374-379. DOI 10.1111/j.1365-2311.2007.00970.

FERREIRA M.A., CARMONA M.M., 1995 - *Acarofauna do tomateiro em Portugal*. - Avances en Entomologia Ibérica, Museo Nacional Ciencias Naturales y Universidad de Madrid: 385-392.

FLESCHNER C.A., 1952 - *Host-plant resistance as a factor influencing population density of citrus red mites on orchard trees*. - J. Econ. Ent., 45: 687-695.

GONZALEZ-FERNANDEZ J.J., DE LA PENA F., HORMAZA J.I., BOYERO J.R., VELA J.M., WONG E., TRIGO M.M., MONTSERRAT M., 2009 - *Alternative food improves the combined effect of an omnivore and a predator on biological pest control. A case study in avocado orchards*. - Bulletin of Entomological Research, 99: 433–444.

GUTIERREZ J., ETIENNE J., 1986 - *Les Tetranychidae de l'ile de la Reunion et quelques-uns de leurs predateurs*. – Agron. Trop., 41:84–91.

HOOGERBRUGGE H., VAN HOUTEN Y., KNAPP M., BOLCKMANS K., 2011 - *Biological control of thrips and whitefly on strawberries with* Amblydromalus limonicus *and* Amblyseius swirskii. - IOBC/WPRS Bull 68: 65-69.

HOOGERBRUGGE H., VAN HOUTEN Y., KNAPP M., BOLCKMANS K., 2011 - *Biological control of thrips and whitefly on strawberries with* Amblydromalus limonicus *and* Amblyseius swirskii. - IOBC/Wprs Bull., 68: 65-69. Available online at: https://www.iobc-wprs.org/members/shop_en.cfm?mod_Shop_detail_produkte=43

KARBAN R., ENGLISH-LOEB G., WALKER M.A., THALER J., 1995 - *Abundance of phytoseiid mites on* Vitis *species: effects of leaf hairs, domatia, prey abundance and plant phylogeny*. - Exp. Appl. Acaro., 19: 189–197. DOI10.1007/BF00130822.

KERGUELEN V., HODDLE M.S., 1999 - *Biological control* of Oligonychus perseae *(Acari: Tetranychidae) on avocado: II. evaluating the efficacy of* Galendromus helveolus *and* Neoseiulus californicus *(Acari: Phytoseiidae)*. - International Journal of Acarology, 25(3): 221-229. DOI 10.1080/01647959908684156.

KNAPP M., VAN HOUTEN Y., HOOGERBRUGGE H., BOLCKMANS K., 2013 - Amblydromalus limonicus *(Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: literature review and new findings*. - Acarologia, 53: 191-202. DOI 10.1051/acarologia/20132088.

LINDQUIST E.E., KRANTZ G.W., WALTER D.E., 2009 - *Classification, Chapter eight*. In: "A manual of Acarology. - Krantz G.W. & Walter D.E. (eds) 3dr ed., 97-103.

MANIANIA N.K., EKESI S., KUNGU M.M., SALIFU D., SRINIVASAN R., 2016 - *The effect of combined application of the entomopathogenic fungus* Metarhizium anisopliae *and the release of predatory mite* Phytoseiulus longipes *for the control of the spider mite* Tetranychus evansi *on tomato*. - Crop Protection, 90: 49-53.

MAOZ Y., GAL S., ZILBERSTEIN M., IZHAR Y., ALCHANATIS V., COLL M., PALEVSKY E., 2010 -*Determining an economic injury level for the perseamite,* Oligonychus perseae*, a new pest of avocado in Israel*. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 138: 110-116.

METTO M., 2005 - *Acaricide di sintesi per il controllo di* Tetranychus urticae *Koch e* T. evansi *Baker and Pritchard (Acari, Tetranychidae): confronto dell'efficacia in prove di laboratorio*. - Degree Thesis. University of Bari, Italy.

MEYER, M.K.P.S., 1987 - *African Tetranychidae (Acari: Prostigmata) with reference to the world genera*. - Entomology Memoir, Department of Agriculture and Water Supply, Republic of South Africa, 69: 1-175.

MIGEON A., 2005 - *Un nouvel acarien ravageur en France:* Tetranychus evansi *Baker et Pritchard*. – Phytoma, La Défense des Végétaux, 579: 38-43.

MIGEON A., DORKLED F., 2021 - *Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae*. - Available from http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb (Accessed 15/01/2021).

MIGEON A., FERRAGUT F., ESCUDERO-COLOMAR L., FIABOE K., KNAPP M., DE MORAES G., UECKERMANN E., NAVAJAS M., 2009 - *Modelling the potential distribution of the invasive tomato red spider mite,* Tetranychus evansi *(Acari: Tetranychidae)*. - Experimental and Applied Acarology, 48: 199-212.

Moutia L.A., 1958 - *Contribution to the study of some phytophagous Acarina and their predators in Mauritius.* - Bulletin of Entomological Research, 49: 59-75.

Navajas M., De Moraes G.J., Auger P., Migeon A., 2013 - *Review of the invasion of* Tetranychus evansi*: biology, colonization pathways, potential expansion and prospects for biological control*. - Exp. App.l Acarol., 59:43-65 DOI 10.1007/s10493-012-9590-5.

Navajas M., Migeon A., Estrada-Peña A., Mailleux A-C., Servigne P., Petanović R., 2010 - *Mites and ticks (Acari)*. - Chapter 7.4. BioRisk 4(1): 149–192 DOI 10.3897/biorisk.4.58.

Phillips P., Faber B., 1995 - *Persea mite spray trials.* - Calif. Avocado Soc. Yearbook 79: 197-200.

Pritchard A.E., Baker E.W., 1955 - *A revision of the spider mite family Tetranychidae*. - Pac. Coast Entomol. Soc. Mem., Ser. 2, 472 pp.

Ragusa S., 1986 - *Study on population fluctuations of phytoseiid mites in a citrus orchard in Sicily.* - Acarologia, 27(3): 193-201.

Ragusa Di Chiara S., Tsolakis H., 1995 - *Parasitiformes Phytoseiidae di Pantelleria.*- Naturalista Sicil., XIX (Suppl. Arthropoda di Lampedusa, Linosa e Pantelleria (Canale di Sicilia, Mar Mediterraneo): 87-98.

Ragusa E., Sinacori M., Tsolakis H., 2018 - *First record of* Tetranychus ludeni *Zacher (Acariformes: Tetranychidae) in Italy.* - International Journal of Acarology, 45(1, 2): 26-28.

Rigamonti I.E., Lozzia G.C., 1999 - *Injurious and beneficial mites on urban trees in Northern Italy.* - Acta Horticulturae, 177-182.

Rivnay T., Swirski E. 1980 -*Four new species of phytoseiid mites (Acarina: Mesostigmata) from Israel.* - Phytoparasitica, 8 (3): 173-187.

Rota P., Biraghi C., 1987 - Oligonychus ilicis *(McGregor): acaro tetranichide nuovo per l'Europa, fitofago su azalee, camelie e rododendri.* - Informatore Agrario, 15: 105-107.

Seelmann L., Auer A., Hoffmann D., Schausberger P., 2007 - *Leaf pubescence mediates intraguild predation between predatory mites.* - Oikos, 116: 807-817. DOI 10.1111/j.2007.0030-1299.15895.x.

Sepasgosarian, H., 1972 - *Pflanzenspinnmilben und ihre wirtschaftliche Bedeutung im Iran.* - Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz, 45: 105-107.

Sibanda T, Dobson H.M, Cooper J.F, Manyangarirwa W., Chiimba W., 2000 - *Pest management challenges for small holder vegetable farmers in Zimbabwe.* - Crop. Prot., 19: 807–815

Swirski E., Amitai S., Dorzia N., 1970 - *Laboratory studies on the feeding habits, post- embryonal survival and oviposition ofthe predaceous mites* Amblyseius chilenensis *Dosse and* Amblyseius hibisci *Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kind of food substances.* - Entomophaga, 15: 93-106.

Swirski E., Amitai S., 1997 - *Notes on phytoseiid mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) of Mt. Carmel (Israel), with descriptions of two new species.* - Israel Journal of Entomology, 31: 1-20.

Sznajder B., Sabelis M.W., Egas M., 2011 - *Innate responses of the predatory mite* Phytoseiulus persimilis *to a herbivore-induced plant volatile.* - Exp. Appl. Acarol., 54: 125-138. DOI 10.1007/s10493-011-9430-z

Tixier M-S., Kreiter S., De Moraes G.J., 2008 - *Biogeographic distribution of the Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata).* - Biological Journal of the Linnean Society, 93: 845-856.

Tixier M-S., Tsolakis H., Ragusa S., Poinso A., Ferrero M., Okassa M., Kreiter S., 2011 - *Integrative taxonomy demonstrates the unexpected synonymy between two predatory mite species:* Cydnodromus idaeus *and* C. picanus *(Acari : Phytoseiidae).* - Invertebrate Systematics, 25: 273-281.

Tsagkarakou A., Cros-Arteil S., Navajas M., 2007 - *First record of the invasive mite* Tetranychus evansi *in Greece.* - Phytoparasitica, 35: 519-522.

Tsolakis H., Ragusa Di Chiara S., Conti F., Tumminelli R., Perrotta G., Raciti E., 2006 - *Population dynamics and specific composition of phytoseiid mites (Parasitiformes, Phytoseiidae) associated with lemon trees in three differently managed orchards in eastern Sicily.* - In: F. Garcia-Mari (ed) "Integrated Control in Citrus Fruit Crops". IOBC wprs Bulletin, 29: 295-302.

Tsolakis H., Ragusa E., Sinacori M., Ragusa Di Chiara S., 2020 - *Phytoseiidae (Acari: Parasitiformes) of Sicily (Italy): species diversity after half a century of surveys.* - In: La Mantia T., Badalamenti E., Carapezza A., Lo Cascio P. & Troia A. (Eds.), "Life on islands. Biodiversity in Sicily and surrounding islands. Studies dedicated to Bruno Massa", Edizioni Danaus, Palermo, 53-104.

Tsolakis H., Ragusa S., 2009 - *Phytoseiid mites associated with forest trees in two "Natura 2000" locations: S. Adriano woods (Sicily) and Fraktò virgin forest (Greece*). - Integrated Control of Plant-Feeding Mites IOBC/wprs Bulletin, 50: 106.

Tsolakis H., Ragusa S., 2020 -New records of phytoseiid mites from Italy, with description of a new species and a redescription of other two (Parasitiformes, Phytoseiidae). -Acarologia, 60(4): 735-752 DOI 10.24349/acarologia/20204399.

Van Houten Y., Van Rijn M., Tanigoshi P.C.J.L.K.P., Van Stratum P., Bruin J., 1995 -*Preselection of predatory mites for year-round control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) in greenhouse crops.* - Entomol. Exp. Appl., 74: 225-234.

Walter D.E. 1992 - *Leaf surface structure and the distribution of* Phytoseius *mites (Acarina: Phytoseiidae) in south-east Australian forests.* - Aust. J. Zool., 40: 593-603.

Walter D.E, O'Dowd D.J., 1992 - *Leaf morphology and predators: effect of leaf domatia on the abundance of predator mites (Acari: Phytoseiidae).* - Env. Entomol., 21:478-84.

Williamson M., Fitter A., 1996 -*The varying success of invaders.* - Ecology, 77: 1661-1666.

Wolfenbarger D.A., Getzin L.W., 1964 - *Insecticides and surfactant-insecticide combinations for control of the mite* Tetranychus marianae *McG., on tomatoes and eggplant.* - Florida Entomologist, 42: 123-128.

Zacher, F.,1913 - *Untersuchungen über Spinnmilben.* - Mitt. Kais. Biol. Anst. Land-Forst., 14: 37-41.

Zappalà L., Kreiter S., Russo A., Tropea Garzia G., Auger P., 2015 - *First record of the Persea Mite* Oligonychus perseae *(Acari: Tetranychidae) in Italy with a review of the literature.*- International Journal of Acarology, 41(2): 97-99. DOI 10.1080/01647954.2015.1014415.

176 - Pagina bianca

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 177-182

RECENTI ACQUISIZIONI SULL'ERIOFIDE DELL'ERINOSI DELLA VITE (*COLOMERUS VITIS*)

ENRICO DE LILLO[a] - DOMENICO VALENZANO[a] - GIOVANNI TAMBURINI[a] - CARLO DUSO[b] - SAURO SIMONI[c]

[a]*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
[b]*Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (D.A.F.N.A.E.), Via dell'Università, 16, 35020 Legnaro (PD), Italia*
[c]*(CREA-DC) - Centro di ricerca per la Difesa e la Certificazione, Via Lanciola 12/a, 50125, Firenze, Italia*
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Attuali problematiche in Acarologia". Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 20 novembre 2020.

Grape erineum strain of Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae): recent findings and notes*

Grape erineum strain of *Colomerus vitis* is worldwide spread in vineyards, mainly inducing noticeable symptoms on leaves. This mite species has been considered a minor pest for long time. In the last years, it has been renewed interest for deeper investigations for its impact on plant growth and biochemistry as well as for its relationship with Grapevine Pinot Gris Virus (GPGV). The most recent findings on some morphological (protogynes *versus* deutogynes), biological (deutogyne appearance) and ecological aspects of this mite species (host plant – mite relationships with particular emphasis on the morphological and biochemical effects of the infestations; mite – virus interactions) are shortly reviewed.

KEY WORDS: Eriophyoidea, protogyne, deutogyne, ecology, GPGV, virus transmission, cultivar susceptibility

INTRODUZIONE

Gli acari della superfamiglia Eriophyoidea, con le tre famiglie Phytoptidae, Eriophyidae e Diptilomiopidae, sono fitofagi obbligati, caratterizzati da alta specializzazione e monofagia prevalente (SKORACKA *et al*., 2010; DE LILLO *et al*., 2018). Molte specie non inducono sintomi peculiari tali da indicarne la loro presenza. Molte altre inducono appariscenti deformazioni degli organi infestati con formazione di galle di vario aspetto, dimensione e colore, influenzando negativamente anche la fisiologia della pianta. Altre specie ancora assommano il loro impatto diretto con quello dei virus che trasmettono alle piante. La diffusione degli eriofioidei è favorita dagli scambi commerciali di piante e prodotti vegetali, nonché dal movimento delle masse d'aria (VALENZANO *et al.*, 2019).

Calepitrimerus vitis (Nalepa) e *Colomerus vitis* (Pagenstecher) sono gli eriofidi più comuni della vite e ad ampia distribuzione geografica (DUSO e DE LILLO, 1996). *Calepitrimerus vitis* influenza negativamente lo sviluppo dei tralci, della chioma in generale e la produzione di uva (WALTON *et al*., 2007). *Colomerus vitis* è prevalentemente associato a erinosi delle foglie. I sintomi di quest'ultima specie sono stati descritti in dettaglio già dal BRIOSI (1876), mentre la prima accurata caratterizzazione morfologica del colomero è stata fornita molto tempo dopo (KEIFER, 1944). Proprio sulla base dei sintomi, gli autori hanno riconosciuto tre ceppi del *Col. vitis*, indistinguibili su base morfologica: un ceppo associato a deformazioni delle gemme, un altro allo sviluppo di erinosi e un terzo all'accartocciamento fogliare (SMITH e STAFFORD, 1948; VACANTE, 2015). Tuttavia, il ceppo dell'erinosi provoca alterazioni dello sviluppo dei tralci e delle foglie, riduzione della produzione ed è implicato nella trasmissione di virus (DUSO e DE LILLO, 1996; AVGIN e BAHADIROĞLU, 2004; KUNUGI *et al*., 2000). In letteratura, questo ceppo è comunemente indicato come Grape Erineum Mite (GEM) ed è molto più diffuso rispetto agli altri due ceppi. Un tentativo di distinguere questo ceppo da quello che reca danno alle gemme è stato realizzato su popolazioni australiane mediante l'analisi dei frammenti di restrizione dell'Internal Transcript Spacer 1 (ITS1) e delle sequenze dei microsatelliti (CAREW *et al*., 2004).

Nell'ultimo decennio, *Col. vitis* ha riscosso un considerevole interesse scientifico documentato da 29 articoli indicizzati da SCOPUS dal 2010, un numero inferiore solamente rispetto ai 63 su *Aceria tosichella* Keifer (eriofide vettore di virus su cereali), 60 su *Aceria guerreronis* Keifer (eriofide fitofago chiave della pianta di cocco), 39 su *Aceria tulipae* (Keifer) (eriofide vettore di virus su diverse bulbose) se si selezionano i soli eriofioidei (https://www.scopus.com/ al 20 novembre 2020). Questo può trovare spiegazione, in particolare, nell'impatto dell'eriofide sullo sviluppo di tralci e foglie, queste ultime utilizzate nella preparazione di piatti tipici in molti paesi dell'area Mediterranea

– Pubblicato marzo 2021

e Irano-Turanica, nonché nell'interazione del GEM con un nuovo virus della vite (Grapevine Pinot Gris Virus, GPGV) (Javadi Khederi *et al*., 2014a; Malagnini *et al*., 2016).

Il presente contributo vuole fornire, sinteticamente, un aggiornamento dei risultati ottenuti nei più recenti studi conclusi sul ceppo di *Col. vitis* associato all'erinosi, indicando potenziali prospettive di approfondimento su questioni tassonomiche e bio-ecologiche tuttora non sufficientemente chiarite.

Morfologia: protogine vs deutogine

Le caratteristiche eto-morfologiche, qualitative e quantitative, di un eriofioideo possono essere influenzate da numerosi fattori come la pianta ospite e il suo genotipo, le condizioni ambientali e le stagioni, la tecnica di allestimento dei preparati, l'esperienza e l'abilità dell'operatore, il settaggio e la qualità degli strumenti utilizzati (Manson e Oldfield, 1996; Denizhan *et al*., 2008; de Lillo *et al*., 2010; Javadi Khederi *et al*., 2014a; Druciarek *et al*., 2016; Laska *et al*., 2019). Gli eriofioidei sono caratterizzati da polimorfismo stagionale (detto deuteroginia) con presenza di una forma svernante, quasi esclusivamente femminile e denominata deutogina, e una forma primaverile-estiva sia femminile (detta protogina) che maschile (Oldfield, 1996). La deutogina solitamente differisce dalla protogina e dal relativo maschio per caratteristiche morfologiche e bio-etologiche (Keifer, 1975). Spesso, queste differenze riguardano caratteri minori generalmente poco considerati o poco evidenti, e rese di difficile identificazione a causa dalla variabilità morfologica intraspecifica.

La letteratura comprende numerose descrizioni, più o meno dettagliate, di popolazioni di GEM raccolte in diverse aree geografiche e periodi dell'anno, su cultivar non sempre registrate, in particolare su materiale preparato per lo studio con diverse tecniche di allestimento con il risultato di mostrare spesso un'ampia variabilità non attribuibile a un singolo fattore. Bagdasarian (1981) è stato l'unico a fornire una descrizione dettagliata delle due forme femminili le quali, però, hanno mostrato un'ampissima sovrapposizione nei caratteri qualitativi e quantitativi con la sola esclusione del numero dei raggi che formano l'empodio posto all'estremità del tarso di entrambe le zampe (5 paia nelle protogine e 4 paia nelle deutogine). Lo studio affrontato dall'autore tralascia, purtroppo, i dati di raccolta (data, località, cultivar, organo associato alla raccolta, ecc.) e non applica nessuna analisi statistica sui caratteri quantitativi. Più recentemente, si è affrontata questa tematica mediante lo studio di una popolazione di GEM su poche piante di uno stesso vigneto, raccogliendo individui da gemme in autunno e inverno, e da erinosi fogliari in primavera ed estate (6 campionamenti, da dicembre 2015 a gennaio 2017) (Valenzano *et al*., 2020). Lo studio morfologico ha interessato 66 caratteri quantitativi tra quelli ordinariamente utilizzati per la descrizione di un eriofioideo (*cfr.* Petanović, 2016). L'analisi statistica di questi ha consentito di individuare 35 caratteri distintivi tra protogine e deutogine. La lunghezza della setola tibiale del primo paio di zampe (più corta nella deutogina), la lunghezza della setola parassiale del tarso del secondo paio di zampe (più corta nella deutogina) e la numerosità dei semiannuli dorsali lisci sulla parte posteriore dell'opistosoma (lisci solo nella deutogina) sono risultati i caratteri determinanti e altamente significativi per la distinzione delle due forme che sono state descritte compiutamente secondo gli standard correnti, integrando le descrizioni di Bagdasarian (1981). L'analisi dei marcatori molecolari di una cinquantina di individui raccolti più o meno equamente negli stessi campionamenti ha altrettanto confermato la perfetta similarità delle 628 paia di basi delle sequenze ITS1 nelle protogine e deutogine (Valenzano *et al*., 2020).

Ruolo biologico delle deutogine

Per quanto riportato in letteratura, a iniziare da fine estate, le deutogine di *Col. vitis* muovono verso le gemme per svernare sotto le perule (*cfr.* Duso e de Lillo, 1996). In una recente indagine, densità maggiori di individui svernanti sono state rinvenute nelle cinque gemme più basali del germoglio dell'anno, in giovani piante in vaso (Javadi Khederi *et al*., 2018a), confermando precedenti evidenze (Baggiolini *et al*., 1969). Tuttavia, la distribuzione delle deutogine fra i diversi organi della pianta richiede approfondimenti ulteriori al fine di individuare possibili relazioni tra le caratteristiche varietali (es. dimensione ed epoche di maturazione delle gemme) e le densità di popolazione, pur essendo attesa una maggiore densità nelle gemme che schiudono per prime in primavera.

Basandosi su quanto emerso dallo studio morfologico nella caratterizzazione di protogine *vs* deutogine, è stato possibile osservare in modo distinto il loro alternarsi su parti diverse delle piante colpite: nelle gemme raccolte a fine autunno e inizio inverno sono state rinvenute solo deutogine; da erinosi fogliari, in primavera, sono state estratte solo protogine; le prime deutogine sono state osservate nelle erinosi già a fine luglio, seppure in percentuale contenuta (16,9%) rispetto al totale esaminato, per poi registrare il sopravvento numerico (91,6%)

nel campionamento successivo a inizio settembre (Valenzano *et al*., 2020).

Le deutogine costituiscono le forme fisiologicamente adattate allo svernamento. A riguardo, Valenzano *et al*. (2019) hanno dimostrato sperimentalmente una maggiore tolleranza ad alcune condizioni di stress abiotici (bassa temperatura, inedia, anossia o carenza di ossigeno) rispetto alle protogine che, al contrario, hanno manifestato una più spiccata suscettibilità ai fattori citati. La risposta diversa a tali condizioni, tenendo conto di come il vento abbia un ruolo fondamentale nella colonizzazione di nuove piante, induce a supporre un diverso ruolo delle due forme nella dispersione dell'eriofide. Poiché scarsamente capaci di adattarsi a condizioni ambientali sfavorevoli, le protogine potrebbero essere principalmente implicate nella dispersione a breve distanza (tra piante vicine dello stesso vigneto o di vigneti promiscui). Invece, le deutogine, proprio perché più tolleranti agli stress ambientali, potrebbero essere capaci di dispersione a maggiore distanza, eventualmente raggiungendo strati atmosferici a temperatura più rigida e umidi grazie alle masse ascensionali di aria. Questo sarebbe compatibile con la più alta percentuale di deutogine delle erinosi riscontrata ancora a settembre e con la cattura di deutogine in trappole ad acqua (VD e dLE, osservazioni inedite). L'ipotesi che le deutogine siano coinvolte nella dispersione è già stata precedentemente proposta da Shevtchenko e De Millo (1968) e Britto *et al*. (2008).

Risposta dell'ospite all'infestazione da GEM

L'impatto del GEM sulla produzione d'uva in termini quantitativi e qualitativi è stata scarsamente studiata, mentre diversi studi hanno recentemente esplorato la risposta vegetativa e biochimica delle piante infestate in laboratorio, serra e campo saggiando più cultivar che hanno manifestato una diversa suscettibilità.

L'erinosi fogliare rappresenta il sintomo più accuratamente descritto nella forma, istologia, sviluppo e organizzazione della massa di peli, mentre altre deformazioni sono state spesso attribuite ad altri ceppi (Keifer, 1975; Mathez, 1965; Duso e de Lillo, 1996; Vacante, 2015). Javadi Khederi *et al*. (2014a) hanno dimostrato che GEM è in grado di discriminare tra le cultivar esprimendo una scelta preferenziale in test di scelta multipla. In saggi a scelta obbligata su piante giovani e in vaso è stato possibile osservare come le infestazioni causassero la riduzione della dimensione delle foglie, del loro contenuto in clorofilla (espresso in unità SPAD), della lunghezza dei nuovi germogli senza alternarne la lunghezza degli internodi, con l'incremento in peso fresco delle foglie e con le cultivar saggiate (Javadi Khederi *et al*., 2014a, 2014b, 2018a, 2018b). Riguardo alla ricaduta sulla produzione, l'impatto delle popolazioni di GEM sugli organi vegetativi è sembrata essere trascurabile in termini quantitativi, anche se mancano indagini specifiche. GEM è stato anche rinvenuto sulla superficie dei grappoli in assenza di sintomi particolari (Craemer e Saccagi, 2013; dLE, osservazioni personali). Javadi Khederi *et al.* (2014b) rilevarono, comunque, come GEM possa ridurre la dimensione e il peso degli acini e il loro contenuto in carboidrati, anche se l'impatto non risultò significativo, in accordo con quanto precedentemente accertato da Avgin e Bahadiroğu (2004).

GEM rappresenta sicuramente un fattore di stress alterando la concentrazione di alcune componenti costitutive della pianta (zuccheri solubili, fenoli) e stimolando la produzione di Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS), l'attività di enzimi antiossidanti e di quelli a funzione difensiva (Javadi Khederi *et al*., 2018c). Le variazioni di questi marcatori sono risultate dipendere dalla distanza del rilievo rispetto all'infestazione e dalla cultivar. In particolare, le percentuali delle quantità di perossido di idrogeno e malondialdeide, e delle attività del superossido dismutasi, polifenolossidasi e perossidasi sono cresciute successivamente all'infestazione risultando correlate negativamente e significativamente con lo sviluppo delle erinosi fogliari. Una debole e tardiva (dopo 4 settimane dall'infestazione) correlazione positiva è stata rilevata tra le variazioni nella concentrazione degli zuccheri solubili totali e lo sviluppo delle erinosi fogliari. Nessuna correlazione è stata, invece, apprezzata tra le variazioni dei polifenoli totali e lo sviluppo delle erinosi fogliari (Javadi Khederi *et al*., 2018c).

Infine, Javadi Khederi *et al*. (2018d) hanno studiato l'espressione di geni codificanti proteine correlate alla patogenesi e alle pareti cellulari nel breve periodo (6 giorni) successivo all'infestazione su giovani piante in vaso su cultivar a diversa suscettibilità al GEM: nello studio i geni codificanti LOX (lipossigenasi), STS (stilbene sintetasi), GLU (beta-1,3-glucanase), PGIP (inibitore della poligalatturonase) e PRP1 (*Vitis vinifera* proline-rich protein 1) sono risultati maggiormente espressi nelle cultivar maggiormente suscettibili.

Colomerus vitis e Grape Pinot Gris Virus (GPGV)

Il *Trichovirus* GPGV (fam. Betaflexiviridae, ssRNA+) è stato recentemente rinvenuto su Pinot Gris e Traminer in Trentino-Alto Adige, caratterizzato da un punto di

vista molecolare nei suoi isolati, sintomatici e asintomatici, e nella malattia espressa (Grapevine Leaf Mottling and Deformation = GLMD) (Giampetruzzi *et al*., 2012; Malossini *et al*., 2012; Martelli, 2014; Saldarelli *et al*., 2015; Morán *et al*., 2018). La diffusione nazionale e mondiale del virus è ormai molto ampia (EPPO database: https://gd.eppo.int/taxon/GPGV00/distribution). La sequenza di questo virus è molto simile a quella di un altro *Trichovirus* denominato Grape Inner Necrosis Virus (GINV), precedentemente descritto in Giappone (Terai *et al.*, 1993). Il GEM è risultato il principale vettore del GINV (Kunugi *et al*., 2000; Watauchi *et a*l., 2014), suggerendo un potenziale ruolo anche nella trasmissione del GPGV.

Lo studio dell'epidemiologia del GPGV in laboratorio, in serra e in campo, utilizzando varie metodologie di indagine, ha confermato la trasmissione del virus tramite GEM. L'esposizione mensile di piante trappole in vigneti infestati da GEM e infetti da GPGV in un biennio di indagine ha consentito di osservare il passaggio degli eriofidi e del virus dal vigneto alle piante in vaso (articolo in preparazione). Saggi di laboratorio con trasferimento degli eriofidi da dischetti di foglie prelevate da piante infette da GPGV a quelli prelevate da piante sane ha consentito di stabilire un periodo minimo di acquisizione e di inoculazione pari a 24 ore ciascuno (articolo in preparazione). Tutti i saggi hanno mostrato come la trasmissione del virus da parte dell'eriofide sia indipendente dalla formazione successiva dell'erinosi (Malagnini *et al*., 2016; DV, osservazioni personali). Questo aspetto e l'abilità degli eriofidi di emettere saliva anche in assenza dell'ospite (de Lillo e Monfreda, 2004) potrebbero spiegare il rilevamento di GPGV anche in alcune piante spontanee (Gualandri *et al*., 2017) come effetto di assaggi occasionali di individui dispersi su piante non ospiti. Pur non disponendo di dati conclusivi, la deutogina potrebbe essere più efficiente nella trasmissione del virus rispetto alla protogina (Malagnini *et al*., 2016; DV, osservazioni personali). Questo aspetto assume rilevante significato epidemiologico considerando la maggiore resistenza delle deutogine alle condizioni di stress abiotici e la loro potenziale partecipazione alla dispersione aerea della specie nella seconda parte della stagione estiva.

Considerazioni finali

Altre specie di eriofidi appartenenti ai generi *Colomerus* ed *Eriophyes*, morfologicamente molto affini tra loro, sono state associate a erinosi o ad alterazioni delle gemme e dei germogli. In particolare, *Eriophyes vitigineusgemma* Malchenkova (1970) e *Colomerus oculivitis* Attiah (1967) richiedono una descrizione morfologica aggiornata agli attuali standard: questo al fine, in particolare, di evidenziare le differenze, estremamente fini soprattutto tra *Col. oculivitis* e *Col. vitis* (Halawa *et al.,* 2015), ed evitare che la variabilità intraspecifica delle popolazioni possa condurre a valutazioni erronee. Anche una caratterizzazione genetica e uno studio biologico di queste specie, con la ricerca di un'eventuale deutogina, potrebbero aiutare a sostenere la discriminazione tra le specie, ancora non ben acclarata.

La comparsa delle deutogine sembra indotta dall'indurimento dei tessuti, dal termo- e fotoperiodo (Sapozhnikova, 1982), e dalla densità di popolazione. Attualmente non disponiamo di informazioni che correlino la comparsa delle deutogine a fattori ecologici. Anche il comportamento delle deutogine necessita di essere più dettagliatamente compreso attraverso: criteri di selezione delle gemme dove svernare (per posizione e dimensione); influenza delle condizioni di allevamento, della cultivar, della latitudine e altitudine, delle condizioni colturali in genere sull'epoca di comparsa delle deutogine; capacità della deutogina di indurre erinosi; dispersione mediante il vento. La comprensione di questi aspetti potrebbe incrementare le possibilità di un tempestivo controllo dell'eriofide.

Le diverse cultivar hanno manifestato un quanto mai atteso effetto differenziale sulla densità di popolazione del GEM e conseguentemente anche sul suo impatto a carico della morfologia e biochimica della vite, seppure su piante giovani e in vaso. Ciò pone la necessità di ampliare le indagini sulla suscettibilità al GEM anche su cultivar in produzione come su cultivar di interesse nazionale.

Numerosi aspetti nella trasmissione del GPGV rimangono oscuri. In particolar modo, risultano preminenti comprendere quale correlazione esiste tra l'isolato sintomatico/asintomatico, quale sia più efficace nella trasmissione del virus, se GEM ottenga vantaggi dall'alterazione della pianta infetta, quale sia l'internalizzazione del GPGV nell'eriofide e la modalità di trasmissione.

RINGRAZIAMENTI

Questo quadro dello studio del GEM deriva da una serie di ricerche in campo e in laboratorio svolte in collaborazione con il dr. Saeed Javadi Khederi della Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, le dr.sse Valeria Gualandri e Valeria Malagnini della Fondazione Edmund Mach di San Michele all'Adige, e il dr. Pasquale Saldarelli dell'Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, del CNR di Bari ai quali va il nostro sentito ringraziamento.

BIBLIOGRAFIA

Attiah H.H., 1967 – Eriophyes oculivitis *n. sp., a new bud mite infesting grapes in the U.A.R.* - Bull. Soc. Ent. Égypte. 51(17): 17-19.

Avgin S., Bahadiroğlu G., 2004 – *The effect of* Colomerus vitis *(Pgst.) (Acarina: Eriophyidae) on the yield and quality of grapes in Islahiye, Gaziantep*. - J. Agric. Sci., 14(2): 73-78.

Bagdasarian A.T., 1981 – *Eriofioidnyje kleshchi plodo-dovikh derev'ev i kystarnikov Armenii. [The Eriophyid mites of fruit trees and shrubs of Armenia]*. Akad. Nauk. Arm. SSR [Acad. Sci., Armenian SSR], 199 pp.

Baggiolini M., Guignard E., Hugi H., Epard S., 1969 – *Contribution à la connaissance de la biologie de l'érinose de la vigne et nouvelles possibilités de lutte.* - Rev . Suisse, Vitic., Arboric. Hortic., 1: 50-52.

Briosi G., 1876 - *Sulla Phytoptosi della vite (*Phytoptus vitis *Landois).* - Atti Staz. Chim.-agr. Sperim. Palermo, 1: 1-29 + 1 tav.

Britto E.P.J., Gondim M.G. Jr, Navia D., Flechtmann C.H.W., 2008 – *A new deuterogynous mite (Acari: Eriophyoidae) with dimorphic males from* Caesalpinia echinata *(Caesalpiniaceae) from Brazil: description and biological observations*. - Int. J. Acarol., 34: 307-316.

Carew M.E., Goodisman M.A.D., Hoffmann A.A., 2004 – *Species status and population genetic structure of grapevine eriophyoid mites*. - Entomol. Exp. Appl., 111: 87-96.

Craemer C., Saccaggi D.L., 2013 – *Frequent quarantine interception in South Africa of grapevine* Colomerus *species (Trombidiformes: Prostigmata: Eriophyidae): taxonomic and distributional ambiguities*. - Internat. J. Acarol., 39(3): 239-243.

de Lillo E., Monfreda R., 2004 – *«Salivary secretions» of eriophyoids (Acari: Eriophyoidea): first results of an experimental model*. - Exp. Appl, Acarol., 34(3-4): 291-306.

de Lillo E., Pozzebon A., Valenzano D., Duso C., 2018 – *An intimate relationship between Eriophyoid Mites and their host plants – A review*. - Front. Plant Sci., 9:1786 (1-14).

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(1-3): 283-307.

Denizhan E., Monfreda R., de Lillo E., Çobanoğlu S., 2008 – *Two new species of eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) associated with Elaeagnaceae in Turkey*. - Zootaxa, 1698: 41-48.

Druciarek T., Kozak M., Maroufpoor M., Lewandowski M., 2016 – *Morphological variability of* Phyllocoptes adalius *female forms (Acari: Eriophyoidea), with a supplementary description of the species*. - Syst. Appl. Acarol., 21(2): 181-194.

Duso C., de Lillo E., 1996 – *Grape.* In: Lindquist E.E., Sabelis M.W., Bruin J. (eds) Eriophyoid mites—their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science Publishing, Amsterdam, pp. 571-582.

EPPO European Plant Protection Organization, 2020 – *EPPO Global Database* (available online). https://gd.eppo.int

Giampetruzzi A., Roumi V., Roberto R., Malossini U., Yoshikawa N., La Notte P., Terlizzi F., Credi R., Saldarelli P., 2012 – *A new grapevine virus discovered by deep sequencing of virus- and viroid-derived small RNAs in cv. Pinot gris*. - Virus Res., 163(1): 262-268.

Gualandri, V., Asquini, E., Bianchedi, P., Covelli L., Brilli M., Malossini U., Bragagna P., Saldarelli P., Si-Ammour A., 2017 – *Identification of herbaceous hosts of the Grapevine Pinot gris virus (GPGV)*. - Eur. J. Plant Pathol., 147(1): 21-25.

Halawa A.M., Ebrahim A.A., Abdallah A.A.M., Azza A.M., 2015 – *Taxonomical revision of the genus* Colomerus *Newrkirk & Keifer (Acari: Eriophyidae) in Egypt*. - Middle E. J. Agr. Res., 4(1): 67-76.

Javadi Khederi S., de Lillo E., Khanjani M., Gholami M., 2014a – *Resistance of grapevine to the erineum strain of* Colomerus *vitis (Acari: Eriophyidae) in western Iran and its correlation with plant features*. - Exp. Appl. Acarol., 63: 15-35.

Javadi Khederi S., Khanjani M., Asali Fayaz B., 2014b – *Resistance of three grapevine cultivars to Grape Erineum Mite,* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae), in field conditions*. - Persian J. Acarol., 3(1): 63-75.

Javadi Khederi S., Khanjani M., Gholami M., de Lillo E., 2018a – *Sources of resistance to the erineum strain of* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae) in grapevine cultivars*. - Syst. Appl. Acarol., 23(3): 405-425.

Javadi Khederi S., Khanjani M., Gholami M., de Lillo E., 2018b – *Impact of the erineum strain of* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae) on the development of plants of grapevine cultivars of Iran*. - Exp. Appl. Acarol., 74(4): 347-363.

Javadi Khederi S., Khanjani M., Gholami M., Panzarino O., de Lillo E., 2018c – *Influence of the erineum strain of* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae) on grape (*Vitis vinifera*) defense mechanisms*. - Exp. Appl. Acarol., 75(1): 1-24.

Javadi Khederi S., Khanjani M., Gholami M., Bruno G.L., 2018d – *Study of defense-related gene expression in grapevine infested by* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae).* - Exp. Appl. Acarol., 75: 25-40.

Keifer H.H., 1944 – *Eriophyid Studies XIV*. - Bull. Dept. Agric., State of California, 33(1): 18-38.

Keifer H.H., 1975 – *Eriophyoidea Nalepa. Injurious eriophyoid mites*. In: Jeppson L.R., Keifer H.H., Baker E.W. (eds.), Mites injurious to economic plants. Univ. Calif. Press, Berkeley, California, USA: 327-533.

Kunugi Y, Asari S, Terai Y, Shinkai A., 2000 – *Studies on the grapevine berry inner necrosis virus disease. 2. Transmission of grapevine berry inner necrosis virus by the grape erineum mite* Colomerus vitis *in Yamanashi*. - Bull. Yamanashi Fruit Tree Exp. Stn., 10: 57-63

Malchenkova N.I., 1970 – [Eriophyes vitigineusgemma *n. sp. (Acari, Eriophyidae) a pest of grapevine*]. -Zool. Zh., 49: 1728-1731.

Malagnini V., de Lillo E., Saldarelli P., Beber R., Duso C., Raiola A., Zanotelli L., Valenzano D., Giampetruzzi A., Morelli M., Ratti C., Causin R., Gualandri G., 2016 – *Transmission of grapevine Pinot gris virus by* Colomerus vitis *(Acari: Eriophyidae) to grapevine.* - Arch. Virol., 161(9): 2595-2599.

Malossini U., Moscon R., Ferrazza M., Bianchedi P., Varner M., Credi R. 2012 – *Caratteristiche vegeto-produttive di viti Pinot grigio e Traminer aromatico affette da una nuova virosi segnalata in Trentino*. IV Convegno Nazionale di Viticoltura CONAVI.TO Asti, 10-11-12 luglio 2012 pp. 37.

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

Martelli G.P., 2014 – *Directory of Virus and Virus-like Diseases of the Grapevine and their Agents*. - J. Plant Pathol., 96: S105-S120.

Mathez F., 1965 – *Contribution à l'étude morphologique et*

*biologique d'*Eriophyes vitis *Pgst., agent de l'Erinose de la Vigne*. - Mitt. Schweiz. Entomol., 37(4): 233-283.

Morán F., Olmos A., Lotos L., Predajňa L., Katis N., Glasa M, Maliogka V., Ruiz-García A.B., 2018 – *A novel specific duplex real-time RT-PCR method for absolute quantitation of Grapevine Pinot gris virus in plant material and single mites*. - PLoS ONE, 13(5): e0197237.

Oldfield G.N., 1996 – *Diversity and host plant specificity*. In: Lindquist E.E., Sabelis M.W., Bruin J. (eds), Eriophyoid mites—their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science Publishing, Amsterdam, pp. 199-216.

Petanović R.U., 2016 – *Towards an integrative approach to taxonomy of Eriophyoidea (Acari, Prostigmata) an overview*. - Ecol. Mont., 7: 580-599.

Saldarelli P., Giampetruzzi A., Morelli M., Malossini U., Pirolo C., Bianchedi P., Gualandri V., 2015 – *Genetic variability of grapevine pinot gris virus and its association with grapevine leaf mottling and deformation*. - Phytopathol., 105(4): 555-563.

Sapozhnikova F.D., 1982 – *Photoperiodic reaction of the eriophyid mite* Aculus schlechtendali *(Nal.) (Acarina, Tetrapodili).* - Entomol. Rev*.,* 61(3): 162-169.

Shevtchenko V.G., DeMillo A.P., 1968 – *Zhiznennyi tsike* Trisetacus kirghisorum *V. Shev. (Acarina, Tetrapodili) - breditelya cemyan* Juniperus semiglobosa *Rgl. [Life cycle of* Trisetacus kirghisorum *V. Shev. (Acarina, Tetrapodili) - pest of* Juniperus semiglobosa *seeds*]. - Vestn. Leningr. Univ., Ser. Biol., 3: 60-67.

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.

Smith L.M., Stafford E.M., 1948 – *The bud mite and the erineum mite of grapes.* - Hilgardia, 18(7): 317-334.

Terai Y., Kunugi Y., Yanase H., 1993 – *A new virus disease, grapevine berry inner necrosis with natural spread in Japan*. - Abstract 11th Meeting ICVG, 77-78.

Vacante V., 2015 – *The Handbook of Mites of Economic Plants. Identification, Bio-ecology and Control*. CABI Publishing, 890 pp.

Valenzano D., Bari G., Malagnini V., de Lillo E., 2019 – *Off-host survival of Eriophyoidea and remarks on their dispersal modes.* - Exp. Appl. Acarol., 78: 21-33.

Valenzano D., Tumminello M.T., Gualandri V., de Lillo E., 2020 – *Morphological and molecular characterization of the* Colomerus vitis *erineum strain (Trombidiformes: Eriophyidae) from grapevine erinea and buds*. - Exp. Appl. Acarol., 80: 183-201.

Walton V.M., Dreves A.J., Gent D.H., James D.G., Martin R.R., Chambers U., Skinkis P.A., 2007 – *Relationship between rust mites* Calepitrimerus vitis *(Nalepa), bud mites* Colomerus vitis *(Pagenstecher) (Acari: Eriophyidae) and Short Shoot Syndrome in Oregon vineyards*. - Int. J. Acarol., 33(4): 307-318.

Watauchi K., Murakami Y., Kunugi Y., Asari S., 2014 – *Studies on the Grapevine Berry Inner Necrosis Virus Disease: 3, Detection of Grapevine Berry Inner Necrosis Virus from Diseased Grapevines and the Grapevine Erineum Mite,* Colomerus vitis*.* - Bull. Yamanashi Fruit Tree Exp. Stn., 13: 65-72.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 183-188

A BRIEF HISTORY OF DISEASES ASSOCIATED WITH *BREVIPALPUS*-TRANSMITTED VIRUSES

ELLIOT WATANABE KITAJIMA[a, *] - PEDRO LUIS RAMOS-GONZÁLEZ[b] - JULIANA FREITAS-ASTÚA[b, c]
ALINE DANIELE TASSI[a, b]

[a]*LFN, ESALQ/USP campus Piracicaba, SP, Brazil;*
[b]*Instituto Biológico, São Paulo, SP, Brazil;*
[c]*Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brazil*
*Email: ewkitaji@usp.br
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Attuali problematiche in Acarologia". Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 20 novembre 2020

A brief history of diseases associated with Brevipalpus*-transmitted viruses*

A brief review is presented on the diseases caused by *Brevipalpus* mites-transmitted viruses (BTV), their symptomatology, geographical distribution, and economic importance; the diversity of BTV; the biology and systematics of *Brevipalpus* mites, and the nature of the BTV-vector relationships.

KEY WORDS: BTV-caused diseases; mite biology and systematics; *Cilevirus*; *Dichorhavirus*; virus-vector relationship

The genus *Brevipalpus* (Tenuipalpidae, Prostigmata, Actinothrichida) comprises almost 300 described species among which a tiny number is known to transmit plant-infecting viruses. Collectively recognized as *Brevipalpus*-transmitted viruses (BTV), they can provoke diseases causing severe economic impacts. Citrus leprosis (CL) disease was the first one reported in the early 1900s, in Florida, USA, and later found widespread over the Americas. The involvement of *Brevipalpus* mites in CL, identified as *B. obovatus* (=*Tenuipalpus pseudocuneatus*), was demonstrated in 1940 by Frezzi, in Argentina (BASTIANEL *et al.,* 2010). Recent researches have demonstrated that CL is a multietiological disease involving viruses of several species and genera (RAMOS-GONZÁLEZ *et al.,* 2018a). Citrus leprosis virus C (CiLV-C) is the main virus causing CL in *Citrus* spp. Chronologically, other identified BTV were coffee ringspot virus (CoRSV) in *Coffea* spp., in Brazil, in 1938; a virus causing a type of leprosis in *Ligustrum* sp., in Argentina, in 1942; orchid fleck virus (OFV), in Japan, in 1969; and passion fruit green spot virus (PfGSV) in Brazil, in 1997 (DIETZGEN *et al.,* 2018; FREITAS-ASTÚA *et al.,* 2018). Intensified after the 2000s, the researches resulted in the discovery of new BTV or *Brevipalpus*-associated diseases, mostly in Brazil and affecting ornamentals plants, and few cases were reported in other Central and North American countries, as well as in the Hawaiian Islands and Australia (KITAJIMA *et al.,* 2010; DIETZGEN *et al.,* 2018; FREITAS-ASTÚA *et al.,* 2018). A recent outbreak of CL in oranges was described in South Africa (COOK *et al.,* 2019). In parallel, mites involved in the BTV transmission have been studied. In Brazil, the vector of CiLV-C was identified as *B. yothersi* (BEARD *et al.,* 2015; RAMOS-GONZÁLEZ *et al.,* 2016). This species is also the vector of Clerodendrum chlorotic spot virus (ClCSV) and PfGSV (RAMOS-GONZÁLEZ *et al.,* 2018b; 2020). The virus causing Florida's CL was demonstrated to be transmitted by *B. obovatus* and *B. californicus* (KNORR, 1968), whereas OFV is vectored by *B. californicus* (KONDO *et al.,* 2003).

THE NATURE OF *BREVIPALPUS*-TRANSMITTED VIRUSES

Based on ultrastructural studies made on plant-infected tissues, a breakthrough in BTV-caused diseases was the discovery that, at least, two quite distinct types of viruses were transmitted by some species of *Brevipalpus* mites (KITAJIMA *et al.,* 2003; RODRIGUES *et al.*, 2015). The **cytoplasmic type** encompasses viruses whose particles are short bacilliform (60-70 nm x 100-120nm) and are mainly contained in the endoplasmic reticulum (ER) cisternae. In the cells infected by CiLV-C and PfGSV, large, electron-dense, vacuolated viroplasms are present in the cytoplasm. The **nuclear type** comprises short, rod-like virions (40 nm x100-110 nm) occurring in the nucleoplasm or cytoplasm of

the infected cell. Viral particles are commonly associated perpendicularly to membranes of the nuclear envelope or ER, whereas, large, electron-lucent viroplasms ensue in the nucleus. Such cell alterations were observed in tissues of plant cells infected by OFV and CoRSV.

The BTV dichotomy based on the virion shapes and the morphopathology of the plant infected cells is also confirmed at the molecular levels. CiLV-C, the first sequenced cytoplasmic type BTV, in 2006, shows a genome split into two ssRNA (~5 and ~9 kb), (+) sense molecules coding six ORFs in a unique genomic organization. Therefore, to assign this virus, the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) created the genus *Cilevirus* (Freitas-Astúa *et al.,* 2018), which was recently incorporated into the newly recognized family *Kitaviridae* (Quito-Avila *et al.,* 2020). CiLV-C2, another CL-causing virus found in Colombia and Hawaii, and PfGSV, are accepted as tentative cileviruses, respectively. Phylogenetically, these viruses are close to members of the genera *Higrevirus* and *Blunervirus*, arthropod-infecting viruses of the proposed taxon Negevirus and Nege-like viruses, and viruses of the family *Virgaviridae* (Ramos-González *et al.,* 2020).

The complete genome of OFV consists of two ssRNA (2 x ~6 kb each), of (-) sense with a genomic organization that resembles those displayed by members of the family *Rhabdoviridae* (Kondo *et al.,* 2006). Due to the bisegmented nature of its genome, the new genus *Dichorhavirus* was proposed and accepted by the ICTV. Besides OFV, the type member of the genus, other members of this genus are CoRSV, clerodendrum chlorotic spot virus (ClCSV), citrus leprosis virus N (CiLV-N), and citrus chlorotic spot virus (CiCSV) (Dietzgen *et al.,* 2018).

Symptomatology of BTV-caused diseases. A special comment on the citrus leprosis syndrome

A remarkable characteristic of diseases caused by BTV, either cileviruses or dichorhaviruses, is the consistent production of localized symptoms on leaves, twigs, fruits, and, occasionally, flowers (Kitajima *et al.,* 2003). The infections do not become systemic as typically happen in most of the diseases caused by plant viruses. Immunodetection and ultrastructural observations reveal that the BTV infections are restricted to epidermal and parenchymal cells of lesions and usually do not reach the vascular bundles. Rarely, when vascular tissues are infected, bundle sheath cells and xylem parenchymal cells may become infected, but not the phloem cells. Thus, a still unknown mechanism precludes BTV from reaching phloem, thus they are unable to move long distances through the sieve tubes.

Economically, CoRSV and PfGSV cause sporadically losses, but CL is by far the most important BTV-caused disease (Bastianel *et al.,* 2010; Ramos-González *et al.,* 2018a). CL has been reported in all the American continent, from Argentina to the USA. The disease is characterized by the chlorotic, necrotic, and ringspot lesions on leaves, chlorotic and necrotic spots on twigs, and brownish and depressed spots on fruits. Intense leaf and fruit drop occur upon the settlement of the disease; lesions on twigs may fuse, and the resulting annealing causes dieback, which if untreated may lead to the death of the plant in 2-3 years. In the citrus belt of São Paulo and Minas Gerais states, in Brazil, with ~175 million sweet orange plants, CL is considered one of the most important diseases. The intense use of specific chemical acaricide to reduce mite vector population costs more than US$ 54 million/year (Bassanezi *et al.,* 2019). Recently, the management of citrus orchards to control the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*, the vector of *Ca*. Liberibacter asiaticus, the causal agent of greening (or huanglongbing- HLB), seems to be detrimental to the control of *Brevipalpus* mites. As a consequence, the incidence of CL is growing and new strategies for its control are required (Bassanezi, 2018).

Surveys made on CL revealed that the disease is not caused by a single BTV. CiLV-C is the prevalent causal agent found in citrus orchards from Argentina to Mexico, whereas isolates of the dichorhavirus OFV were detected in Mexico, Colombia, and recently, in South Africa (Cook *et al.,* 2019). The CL originally described in Florida disappeared after the 1970s, but molecular studies made on herbarium samples of symptomatic citrus suggested that the virus was a possible extinguished dichorhavirus, phylogenetically related to current strains of OFV. In Colombia, besides CiLV-C, another cilevirus named CiLV-C2 was found. The virus seems to spread faster, overtaking CiLV-C. An isolate of CiLV-C2 was reported in Hawaii and Florida, infecting hibiscus (Roy *et al.,* 2015). In Brazil, besides CiLV-C, two dichorhavirus were found: CiLV-N, in places of higher altitude and lower temperatures in the states of São Paulo, and CiCSV, in the state of Piaui. CiCSV was also found infecting beach hibiscus (*Talipariti tiliaceum*) and agave (*Agave desmettiana*) (Chabi-Jesus *et al.,* 2018; 2019).

The biology of *Brevipalpus* mites

Brevipalpus (Tenuipalpidae, Prostigmata, Actinotrichida) mites are small (adults 0.3 mm), usually red-brownish in color, and slow-moving. They deve-

lop from eggs to larvae, protonymphs, deutonymphs, and adults, with a quiescent phase between them. The entire life cycle lasts around 30 days under favorable environmental conditions, and an adult may lay 30-50 eggs during its lifetime on citrus hosts. *Brevipalpus* mites are ubiquitous, being able to infest a large number of plant species. *Brevipalpus* mites have a worldwide distribution, mostly in tropical and subtropical regions (Childers *et al.,* 2003a). Before 2015, when a taxonomical review within the genus was published (Beard *et al.,* 2015), the three *Brevipalpus* species considered as virus vectors were reported colonizing around 1,000 plant species.

Brevipalpus mites feed using a mobile stylet, modified chelicera, which pierces the epidermal layer of plant tissue, reaching the adjacent parenchymal cells. According to the length of the stylet, ca. 50 µm, they seem unable to reach the vascular bundles. It is assumed that after inserting the stylet, saliva is injected through the narrow salivary channel to start the predigestion of the plant cell content. Subsequently, the stylet is withdrawn and the labium is closely attached to the left hole through which the cell content is sucked with the help of a powerful pharyngeal pump. In the case of BTV transmission, virions must be introduced into the cell, together with saliva, to start the infection process in susceptible plant hosts.

Brevipalpus mites exhibit sexual dimorphism. Males display a slightly slender body and are provided with a disjulgal furrow behind leg 4 to facilitate copulation (Alberti *et al.,* 2014). Reproduction for several *Brevipalpus* species is made by thelytokous parthenogenesis, *i.e*. female begetting female. In this case, adults are haploid (two chromosomes) and are feminized by the presence of the endosymbiotic bacterium *Candidatus* Cardinium (Weeks *et al.,* 2001). In natural populations of these species, males are rare and must be derived from eggs not infected by *Ca*. Cardinium during oogenesis. These males actively copulate but do not fertilize. Some species such as *B. chilensis*, however, reproduce sexually, in which fertilization does not seem to occur (Alberti *et al.,* 2014).

Systematics of *Brevipalpus* mites

Typically based on a few external morphological characteristics, almost 300 species are grouped within the genus *Brevipalpus*. Among them, only three have been recognized as vectors of plant viruses, *i.e*. *B. californicus* (Banks), *B. obovatus,* and *B. phoenicis* Geijskes (Childers *et al.,* 2003b). The analysis of new morphological characteristics, as dorsal and ventral reticulation patterns, microplate's shape decoration, and the size/shape of the spermatheca. This resulted in the splitting of the former species *B. phoenicis s.l.* into at least eight species, including either known or cryptic species (Beard *et al.,* 2015). Phylogenetic analysis using mitochondrial cytochrome oxidase I (mtCOI) points out incongruences on *Brevipalpus* described species, supporting the need for integrative taxonomical reviews within the genus (Navia *et al.,* 2013). Similar studies are undergoing with members of the species *B. californicus* and *B. obovatus* (R. Ochoa, A.D.Tassi, pers.comm.). The genome sequencing of *B. yothersi* was revealed (Navia *et al.,* 2019).

Brevipalpus species involved in virus transmission

Changes in the systematics of *B. phoenicis s.l.,* the main BTV vector species, led to the revaluation of the species transmitting plant viruses (Tassi *et al.,* 2019). Mites of the species *B. yothersi* were identified as vectoring the cileviruses CiLV-C, CiLV-C2, and PfGSV, as well as the dichorhavirus ClCSV (Ramos-González *et al.,* 2016; 2018b; Roy *et al.,* 2015). *B. papayensis* was demonstrated to be the vector of CoRSV and experimentally was able to transmit CiLV-C although with lower efficiency (Nunes *et al.,* 2018). *B. phoenicis s.s.* was identified as the vector of the dichorhavirus CiLV-N (Ramos-González *et al.,* 2017), whereas mites of the species *B. yothersi* and from a possible new species close to *B. yothersi*, *i.e*., *B. aff. yothersi* are likely the vector of a dichorhavirus causing chlorotic spots on citrus, CiCSV (Chabi-Jesus *et al.,* 2018).

Virus-vector relationship in the BTV pathosystems

Elements of the virus-vector relationship sustain the dichotomy between BTV. Pieces of evidence point out a persistent-circulative type transmission of cileviruses by *Brevipalpus* mites. In the case of CiLV-C, assays with *B. yothersi* revealed a short latent period of 7 h, and an efficient viral transmission by younger instars, *e.g*. larvae and protonymphs, in less than five days (Tassi *et al.,* 2017). In viruliferous mites, viral particles were consistently observed in the prosomal region, between adjacent cells of the basal part of the epithelium midgut, and of the anterior prosomal gland, which is considered an equivalent to the salivary gland, in the reduced celomatic space. Viral particles or viroplasms were not observed inside cells (Alberti *et al.,* 2014). However, after an access period on infected plant tissues, the detection of the genomic complementary strand of CiLV-C suggested the viral

replication in the mite cells (Roy *et al.*, 2015), although its origin may be remanents of the ingested plant cell content. Another series of experiments to confirm this hypothesis are ongoing (A.D.Tassi pers.comm.). How virions get access to the intercellular space is still an open question. Since virions have not been observed inside mite cells, the intracellular route seems unlikely, leaving the possibility that they cross the epithelial cell barrier by a paracellular route. In this case, it is assumed that in a process regulated by cell surface receptors, the septate junctions, which maintain the adherence between the epithelial cells, might transiently open allowing the virions movement from the midgut lumen to the intercellular celomatic space, and from there, to the stylet channel.

Data from the interaction between the dichorhavirus OFV and *B. californicus* revealed a latent period lasting almost two weeks (Kondo *et al.,* 2003), suggesting a persistent-circulative-replicative relationship. This hypothesis is supported by the finding of nuclear viroplasm and presumed virions in a large quantity, in the nucleoplasm and cytoplasm of both the midgut epithelium and the anterior prosomal gland cells of viruliferous mites (Alberti *et al.,* 2014).

The tri-trophic interaction between *Brevipalpus*-transmitted viruses, mites, and their host plants

Interactions of the cilevirus CiLV-C, *B. yothersi* mites, and their hosts have been studied using the model plant *Arabidopsis thaliana*, and in less extension the natural host sweet orange (*Citrus sinensis*) (Arena *et al.,* 2016; 2017; 2018; 2020). Upon infestation with non-viruliferous *Brevipalpus* mites, plants accumulate reactive oxygen species (ROS) around the mite feeding sites and, at the transcriptionally level, display a drastic up-regulation of defensive responses involving the defense hormones salicylic acid (SA) and jasmonic acid (JA), and a down-regulation of growth-related processes (Arena *et al.,* 2016; 2018). Results suggest that *Brevipalpus* mites manipulate the host defensive response to render the plant more susceptible to their colonization. Mite oviposition is lower on mutant plants defective in SA biosynthesis and signaling, confirming a function for the SA pathway in improving the mite fitness (Arena *et al.,* 2018).

In presence of CiLV-C, a progressive reprogramming of the plant transcriptome parallels the increasing viral loads. The infection triggers the SA-mediated pathway, ROS burst, and the presence of dead cells, suggesting the outcome of a hypersensitive-like response (Arena *et al.,* 2016; 2020). Besides, the infection by CiLV-C downregulated JA/ET-mediated pathways and processes involved in the primary metabolism including photosynthesis. In virus-free experiments, the transient expression of the P61 protein of CiLV-C in *Nicotiana benthamiana* plants consistently triggers ROS burst, upregulated SA- and HR-related genes, increased SA levels, reduced JA levels, and caused cell death. The sum of these events indicates P61 as a putative viral effector causing the HR-like symptoms associated with the virus infection (Arena *et al.,* 2020). At the cellular level, P61 accumulates in the endoplasmic reticulum inducing the disruption of the ER network (Leastro *et al.*, 2018) and may act as an RNA silencing suppressor (Leastro *et al.,* 2020).

In biological assays using two sets of *Arabidopsis* plants infested with non-viruliferous and viruliferous *B. yothersi* mites, the number of mites in the CiLV-C infected *Arabidopsis* plants significantly increases in comparison with those infested with the non-viruliferous ones. Furthermore, the oviposition of the viruliferous mites preferentially occurs in the CiLV-C infected leaves (Arena *et al.,* 2016). It has been hypothesized that CiLV-C may act as a helper (effector-like) factor of mite infestation to suppress the plant defenses (Arena *et al.,* 2016; 2020).

Concluding remarks

Knowledge of the BTV pathosystem has increased exponentially during the last 25 years, from scant information about their possible viral nature to a broad understanding of the nature of the causal viruses, the virus-host-vector relationships, and the biology and systematics of *Brevipalpus* species. Altogether, these studies are straightening out the understanding of these unusual pathosystems and will support the development of management strategies of economically important BTV-caused diseases.

ACKNOWLEDGMENTS

Researches on BTV involve a consortium formed by multidisciplinary experts from several Brazilian (USP, UNESP, UNICAMP, IB, IAC, UFPr, UFPi, UnB, UFV, UFLa, Embrapa, Fundecitrus) as well as foreign (Argentina, INTA; Paraguay, Univ. Nac. Asuncion; Chile, SAG; Colombia, Corpoica; C. Rica, Univ. C. Rica; Mexico, Col. Posgrado; USA, U. Florida, U. P. Rico, USDA, U. Kentucky, and U.

Hawaii; France, INRA; Germany, U. Greifswald; Italy, U. Foggia; Spain, Univ. Polit. Valencia; Australia, U. Queensland; Japan, U.Okayama; and S.Africa, Citrus Res.Intl.) institutions, and have been funded mostly by FAPESP (2014/08458-9, 2017/50222-0).

BIBLIOGRAPHY

Alberti G., Kitajima E.W., Novelli V.M., Andrade D.J., Garita L.C., Tassi A.D., 2014 - *Anatomy and fine structure of* Brevipalpus *mites (Tenuipalpidae, Prostigmata, Actinotrichida*). - Zoologica, 160: 1-192.

Arena G.D., Ramos-González P.L., Nunes M.A., Alves M.R., Camargo L.E.A., Kitajima E.W., Machado M.A., Freitas-Astúa J., 2016 - *Citrus leprosis virus C infection results in hypersensitive-like response, suppression of the JA/ET plant defense pathway and promotion of the colonization of its mite vector*. - Front. Plant Sci., 7: 1757.

Arena G.D., Ramos-González P.L., Nunes M.A., Jesus C.C., Calegario R.F., Kitajima E.W., Novelli V.M., Freitas-Astúa J., 2017 - *Arabidopsis thaliana as a model host for Brevipalpus mite-transmitted viruses*. - Sci. Agric., 74: 85–89.

Arena G.D., Ramos-González P.L., Rogerio L.A., Ribeiro-Alves M., Casteel C.L., Freitas-Astúa J., Machado M.A., 2018 - *Making a Better Home: Modulation of Plant Defensive Response by* Brevipalpus *Mites*. - Front. Plant Sci., 9: 1147. doi:10.3389/fpls.2018.01147.

Arena G.D., Ramos-González P.L., Falk B.W., Clare L., Ramos-González P.L., Freitas Astúa J., Machado M.A., 2020 - *Plant immune system activation upon citrus leprosis virus C infection is mimicked by the ectopic expression of the P61 viral protein*. - Front. Microbiol., 11: 0-24. doi:10.3389/fpls.2020.01188.

Bassanezi R.B., 2018 - *Mudanças na citricultura e o controle do ácaro da leprose*. - Citricultura atual, (maio/2018): 21-24.

Bassanezi R.B., Czermainski A.B.C., Laranjeira F.F., Moreira A.S., Ribeiro P.J., Krainski E.T., Amorim L., 2019 - *Spatial patterns of the Citrus leprosis virus and its associated mite vector in systems without intervention*. - Plant Pathol., 68: 85-93.

Bastianel M., Novelli V.M., Kitajima E.W., Kubo K.S., Bassanezi R.B., Machado M.A., Freitas-Astua J., 2010 - *Citrus leprosis: centennial of an unusual mite-virus pathosystem.* - Plant Dis., 94(3): 284-292.

Beard J.J., Ochoa R., Braswell W.E., Bauchan G.R., 2015 - Brevipalpus phoenicis (*Geijskes*) *species complex* (*Acari: Tenuipalpidae*)*-a closer look*. - Zootaxa, 3944: 1-67.

Chabi-Jesus C., Ramos-González P.L., Tassi A.D., Guerra-Peraza O., Kitajima E.W., Harakava R., Beserra Jr. J.E.A., Salaroli R.B., Freitas-Astúa J., 2018 - *Identification and characterization of citrus chlorotic spot virus, a new dichorhavirus associated with citrus leprosis-like symptoms*. - Plant Dis., 102: 1588-1598.

Chabi-Jesus C., Ramos-González P., Tassi A.D., Barguil B M., Beserra Jr. J.E.A., Harakava R., Kitajima E.W., Freitas-Astúa J., 2019 - *First report of citrus chlorotic spot virus infecting the succulent plant Agave desmettiana*. - Plant Disease Note, v.103, p.1438-1438.

Childers C.C., French J.V., Rodrigues J.C.V., 2003a - Brevipalpus californicus, B. obovatus, B. phoenicis, *and* B. lewisi *(Acari: Tenuipalpidae): a review of their biology, feeding injury and economic importance*. - Expt.Appl.Acarol., 30: 5-28.

Childers C.C., Rodrigues J.C.V., Welbourn W.C., 2003b - Host plants of Brevipalpus californicus, B. obovatus and B. phoenicis *(Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of viral diseases vectored by these mites*. - Expt.Appl.Acarol., 30: 29-105.

Cook G., Kirkman W., Clase R., Steyn C., Basson E., Fourie P.H., Moore S.D., Grout T.G., Carstens E., Hattingh V., 2019 - *Orchid fleck associated with the first case of citrus leprosis-N in South Africa.* - Eur. J. Plant Pathol., 155: 1373-1379.

Dietzgen R.G. Freitas-Astúa J., Chabi-Jesus C., Ramos-González P.L., Goodin M.M., Kondo H., Tassi A.D., Kitajima E.W. 2018 - *Dichorhaviruses in their host plants and mite vectors*. - Adv. Virus Res., 102. doi.org/10.1016/bs.aivir.2018.06.001.

Freitas-Astúa J., Ramos-González P.L., Arena G.D., Tassi A.D., Kitajima E.W., 2018 - Brevipalpus*-transmitted viruses: parallelism beyond a common vector or convergent evolution of distantly related pathogens?* - Current Opinion in Virology, 33: 66-73. doi 10.1016/j.coviro.2018.07.010.

Kitajima E.W., Chagas C.M., Rodrigues J.C.V., 2003 - Brevipalpus *transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopthology and some recent cases.* - Expt. Appl. Acarol., 30: 135-160.

Kitajima E.W., Rodrigues J.C.V., Freitas-Astúa J., 2010 - *An annotated list of ornamentals naturally found infected by* Brevipalpus *mite-transmitted viruses*. - Scientia Agricola, 67: 348-371.

Kondo H., Maeda T., Tamada T., 2003 - *Orchid fleck virus:* Brevipalpus californicus *mite transmission, biological properties and genome structure*. - Expt. Appl. Acarol., 30: 215-223.

Kondo H., Maeda T., Shirako Y., Tamada T., 2006 - *Orchid fleck virus is a rhabdovirus with an unusual bipartite genome*. - Journal General Virology, 87: 2413-2421.

Knorr L.C., 1968 - *Studies on the etiology of leprosis in Citrus.* - Proc. 4th Conference International Organization Citrus Virologists: 332-341.

Leastro M.O., Kitajima E.W., Silva M.S., Resende R.O., Freitas-Astúa J., 2018 - *Dissecting the Subcellular Localization, Intracellular Trafficking, Interactions, Membrane Association, and Topology of Citrus Leprosis Virus C Proteins*. - Front. Plant Sci., 9: 1299. doi: 10.3389/fpls.2018.01299.

Leastro M.O., Ortega-Castro D.Y., Freitas-Astúa J., Kitajima E.W., Pallás V., Sánchez-Navarro J., 2020 - *Citrus leprosis virus C encodes three proteins with gene silencing suppression activity*. - Frontiers Microbiol. doi: 10.3389/fmicb.2020.01231.

Navia D., Mendonça R.S., Ferragut F., Miranda L.C., Trincdo R.C., Michaus J., Navajas M., 2013 - *Cryptic diversity in* Brevipalpus *mites (Tenuipalpidae*). - Zoologica Scripta, 42: 406-426.

Navia D., Novelli V.M., Rombauts S., Freitas-Astúa J., Mendonça R.S., Nunes M.A., Machado M.A., Lin Y-C., Le P., Zhang A., Grbic M., Wybouw N., Beeuweer,J.A.J., van Leeuwen T., van de Peer Y., 2019 - *Draft genome assembly of the false spicer mite* Brevipalpus yothersi. - Microbiology Resource Announcements, 8(6): e01563-18.

Nunes M.A., de Carvalho Mineiro J.L., Rogerio L.A.,

Ferreira L.M., Tassi A., Novelli V.M., 2018 - *First Report of* Brevipalpus papayensis *as Vector of Coffee ringspot virus and Citrus leprosis virus C*. - Plant Dis. 102, 1046–1046.

Quito-Avila D.F., Freitas-Astúa J., Melzer M.J., 2020 - *Bluner-, cile-, and higreviruses* (*Kitaviridae*). - Reference Module in Life Sciences; doi: 10.1016/B978-0-12-809633-8. 21248-X

Ramos-González P.L., Chabi-Jesus C., Guerra-Peraza O., Breton M. C., Arena G.D., Nunes M.A., 2016 - *Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of Citrus leprosis virus C*. - Viruses, 8: 153.

Ramos-González P.L., Chabi-Jesus C., Guerra-Peraza O., Tassi A.D., Kitajima E.W., Harakava R., 2017 - *Citrus leprosis virus N: A new dichorhavirus causing Citrus leprosis disease*. - Phytopathology, 107: 963-976.

Ramos-González P.L., Chabi-Jesus C., Arena G.D., Tassi A.D., Kitajima E.W., Freitas-Astúa J., 2018a - *Leprosis de los cítricos: una enfermedad multietiológica singular.* - Citricos en las Americas, 1: 4-19. (in Spanish and English).

Ramos-González P.L., Chabi-Jesus C., Banguela-Castillo A., Tassi A.D., Rodrigues M.C., Kitajima E.W., Harakav, R., Freitas-Astúa J., 2018b - *Unveiling the complete genome sequence of clerodendrum chlorotic spot virus, a putative dichorhavirus infecting ornamental plants*. - Archives of Virology, 163: 2519-2524.

Ramos-González P.L., Santos G.F., Chabi-Jesus C., Harakava R., Kitajima E.W., Freitas-Astúa J., 2020 - *Passion fruit green spot virus genome harbors a new orphan ORF and highlights the flexibility of the 5'-end of the RNA2 segment across cileviruses*. - Front.s in Microbiol., 11: doi 10.3389/fmicb.2020.00206.

Rodrigues J.C.V., Childers C.C., Kitajima E.W., 2015 - Brevipalpus *spp. (Acari: Tenuipalpidae): vectors of cytoplasmic and nuclear viruses in plants.* In: Vector-mediated transmission of plant pathogens. cap. 21. Brown, J. Ed., APS, St. Paul, pp. 309-318.

Roy A., Hartung J.S., Schneider W.L., Shao J., Leon G., Melzer M.J., Beard J. Otero-Colina G., Bauchan G.R., Ochoa R., Brlansky R.H., 2015 - Role bending: complex relationship between viruses, hosts, and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. - Phytopathol., 105:1013-1025.

Tassi A.D., Garita-Salazar L.C., Amorim L., Novelli V.M., Freitas-Astúa J., Childers C.C., Kitajima E.W., 2017 - *Virus-vector relationship in the Citrus leprosis pathosystem.* - Expt. Appl. Acarol., 71: 227-241.

Tassi A.D., Saito M.S.G., Nunes M.A., Novelli V.M., Freitas-Astúa J., Kitajima E.W., 2019 - *Reavaliação das espécies do ácaro tenuipalpídeo* Brevipalpus*, vetores de vírus de plantas*. - Anais 51 Cong. Bras. Fitopatol. (Recife), p.775. (abst.).

Weeks A.R., Marec F., Breeuwer J.A.J., 2001 - *A mite species that consists entirely of haploid females.* - Science, 292: 2479-2483.

Atti Accademia Nazionale
Italiana di Entomologia
Anno LXVIII, 2020: 189-193

MITES AS FORENSIC TOOLS?

ANTONELLA DI PALMA[a]

[a]*Department of Agriculture, Food, Natural Science, Engineering, University of Foggia, Via Napoli 25, 71122 Foggia.*
Email: antonella.dipalma@unifg.it
Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Attuali problematiche in Acarologia". Seduta pubblica dell'Accademia, svolta da remoto, 20 novembre 2020

Mites as forensic tools?

Forensic entomology, which is the application of the arthropod science in the judicial system, is mainly famous for forensic medical or medico-criminal entomology. This concerns the use of arthropod evidence in solving, most often, violent crimes and involves primarily the estimation of the postmortem interval (PMI) or identification of the site where the death occurred. To date, the use of some insect groups in the estimation of the PMI is well established while the involvement of mites in current cases remains rare.

This account summarizes the new findings reported in recent years on the potential of mites in the forensic field and the main ways in which they can contribute to forensic science. Although there are areas where it is unlikely that forensic entomology will be supplanted or even challenged by acarology, there are situations where mites appear to provide valuable alternative input into the forensic analysis.

KEY WORDS: Forensic acarology, Post-mortem interval (PMI), Archeology, Mesostigmata, Astigmata

After death, all bodies undergo many changes caused by autolysis of tissue, and when human remains are found more than 48 hours after death (days, weeks, or even months) several parameters (e.g., body temperature, rigor mortis, or livor mortis) are no longer appropriate for estimating the time since death. That's why other reliable tools are considered to better support the evaluation of this period. In such cases, insects or other arthropods may provide important indications of the postmortem interval (PMI i.e., the time since death).

In fact, forensic entomology is the name given to the study of insects (or other arthropods such as mites and ticks) as evidence in any legal cases; nevertheless, it is mainly associated with death inquiries. In particular, the most important application of forensic entomology is in the estimation of the postmortem interval. The idea is that arthropod species and instars found on a dead body can provide evidence for the estimation of a minimum PMI, ranging from days up to months, depending on the species involved and the climatic conditions at the death scene. This is due to the fact that decomposition is a dynamic process with numerous and complex changes that attract different arthropod species, or a mix of species at the same time, involved in the organic matter decomposition and following a strict timetable and a peculiar sequence ("waves") according to the decomposition state of the body and the environmental conditions (MÉGNIN, 1894; GOFF, 2009; TURNER, 2009). Thus, the exact identification of the species and stages found on the scene, and proper knowledge of their biological parameters, can provide a reliable evaluation of the period since the death. However, this period will not always match the exact PMI. To date, the use of some insect groups (i.e., Diptera, Calliphoridae) in the estimation of the PMI is well established while the involvement of mites in current cases remains rare.

In this respect since mites can be found in all imaginable terrestrial habitats (e.g., freshwater, saltwater, houses, furnishings, clothes, pores of our skin) and occupy all niches (can be phytophagous, predators, detritivores, scavengers, eat fungi, bacteria, be parasites of vertebrate or invertebrates, etc.) are good candidates for their use in forensic matters. Moreover, thanks to their small size they can use niches that are not accessible to other arthropods (i.e., insects) or there are environments where insects are absent or rare or the environmental conditions impede their access to the corpse (PEROTTI *et al.*, 2009). In such cases, mites that are already present, that arrive walking, through air currents or material transfer, might become important sources of information. In any case, arthropods visiting a carcass can carry mites as well. In particular, the first insect scavengers that reach a dead body within few hours since death are usually flies (e.g., Diptera, Calliphoridae), and they carry phoretic mites. These

– Pubblicato marzo 2021

mites build up trophic networks since they eat immature stages (eggs, larvae) from Diptera or other arthropods and bacteria and are eaten by other predators.

Jean-Pierre Mégnin with his opera "Fauna of cadavers" (1894) is considered the scientific starting point for forensic studies and in several European States (e.g., France, Germany, and Italy) the use of arthropods in forensic investigations started around the end of the ninetieth century. In particular, the second French case using arthropods in calculating the post-mortem interval (PMI) involved mites, nevertheless, since then their use has been rare. This is due to several reasons. Mites are small, difficult to be spotted unless in huge numbers, and, thus, easily overlooked; they are difficult to identify requiring expertise that is no longer widely available; except for species of economic interest, little information is available on their distributions, life cycle, and possible carriers. That's why Diptera and Coleoptera are much more commonly used as a forensic tool.

A striking example of the listed difficulties is represented by the first time mites were used to estimate PMI (Brouardel, 1879). It was a newborn baby girl found in a field in Paris during Winter in 1878. The body was covered with 2 cm of mites, their exuviae, and feces while arthropods or other insects were absent except the larvae of *Aglossa* (Lepidoptera, Pyralidae). All mites were identified as belonging to the species *Tyrophagus longior* Gervais (Astigmata, Acaridae), active with low temperature and eating fat acids and other substances produced during the decomposition of the body. Mites were considered to be arrived by phoresy. Mégin, consulted for his expertise in acarology, calculated the volume of the skull infested with mites, counted the average number of mites/mm^3, and, thus, estimates the total amount of mite present. Finally, according to the life tables of a related species, Mégin calculated the amount of time necessary to get the actual number of mites as 3 months. On the other hand, taking into account other factors, the estimate of the time of death of the baby child was calculated around 8 months before the autopsy. A more recent paper (Perotti, 2009) explained such discrepancy. First of all, *Tyrophagus* mites are non-phoretic, and, considering their omnipresence in soil, most likely the mites will have arrived almost immediately after death. Second, temperature (cold winter months!) was not taken into account during the estimations of the mite population growth rate while the developmental biology was based on information related to *Tyroglyphus mycophagus* Mégnin, a species morphologically and physiologically quite different from *T. longior*. Thus, according to new projections based on current knowledge of *Tyrophagus* biology and considering winter temperature, the colony would have built up over 8 months, contrary to the 5 months proposed by Mégin and in agreement with the PMI proposed. This case highlights how complicated the use of mites as forensic tools can be. Nevertheless, in the last 10-15 years, the interest in their applications is increased thanks also to an increase in knowledge related to mites.

In fact, recent studies of mites associated with animal and humans remains (e.g., Braig and Perotti, 2009; Perotti and Braig, 2009; Saloña *et al.*, 2010; González Medina *et al.*, 2013; Mašán *et al.*, 2013; Saloña-Bordas and Perotti, 2014; Kamaruzaman *et al.*, 2018; Pérez-Martínez *et al.*, 2019; Rai *et al.*, 2020**)** revealed that phoretic mites can give valuable information about the conditions and time elapsed since death complementing and reinforcing the autopsy analysis or the unsatisfactory information provided by insect activity. In fact, many phoretic mites arrive on a particular species of host and no other, they usually present a specialized dispersal stage (often molting shortly after arrival on a corpse), many are characterized by faster development and generation cycles than their carriers, thus, representing valuable timeline markers and trace indicators of their carriers even when they are absent. In particular, among phoretic mites the mesotigmatids are the dominant group with species of the families Macrochelidae representing the first arrivals carried by early scavenger flies followed by Parasitidae on carrion beetles (Pérez-Martínez *et al.*, 2019). For example, some Macrochelidae present one of the shortest life cycles of all phoretic mites (from egg to egg some species take only 3 days); moreover, they have a haplodiploid genetic system which means that they arrive and leave corpses as virgin diploid females, which lay a few haploid male eggs whose males mate with their mothers to produce a second generation (diploid females) and with their aunts of the second-generation (Niogret *et al.*, 2006; Farahi *et al.*, 2018). Thus, the first appearance of macrochelid males and the sex ratio of a population are important markers for estimating the time of arrival of a fly on carrion (Braig and Perotti, 2009; Perotti and Braig, 2009).

Moreover, some species (e.g., *Proctolaelaps euserratus* Karg, 1994 (Acari, Mesostigmata, Melicharidae), proved to have unusually high levels of necrophilia for the family and, therefore, considered as a new potential marker for advanced decomposition (Mašán *et al.*, 2013).

On the other hand, other groups of mites are linked to later stages of decomposition (e.g., members of Astigmata like Acaridae, Lardo-

glyphidae and Histiostomatidae), frequently found in the dry decay (few (i.e. Histiostomatidae) in wet decaying materials). They are specialists in patchy or ephemeral habitats, in fact, are carried by late-arriving scavengers such as hide beetles, skin beetles, and moths (OCONNOR, 2009) allowing mite rapid dispersal and colonization of such patchy resources. Some of these mite species are incidentals (i.e., use the corpse as a concentrated resource extension of their normal habitat), whereas others are obligate necrophages. Several different species are of forensic interest, yet their small size and incomplete or confused taxonomy caused them to be largely overlooked by the legal system (OCONNOR, 2009). Anyway, an interesting application of astigmatids in the forensic field is represented by a case in Germany where large populations of cave-adapted and "domestic" species on a corpse wrapped in plastic buried in the basement of a home, strongly suggested that the corpse had been in place there for a significant length of time and not recently placed there after earlier burial in soil (RUSSELL *et al.*, 2004).

In particular, among astigmatid mites, the house dust mites (HDM) are the most abundant and common species in indoor environments. They usually make up 60–90% of the indoor acarofauna throughout the world and have been shown to produce allergens causing atopic allergies in human beings. Their presence and breeding are strongly related to human beings (dead skin scales are their main source of food) and, while globally present, species composition may vary between seasons and exhibits spatial specialization (e.g., dust from a bed vs. the floor around it, or dust from a book shelve vs. a librarian's desk) (SOLARZ, 2009). Therefore, although HDM have not yet been explored in forensic investigations, differences in their occurrence and composition between sites may yield valuable information as indicators of the circumstances of death. Moreover, since HDM feed on the flakes of shed human skin, human genetic material is expected to be present inside them. A study (ÇAKAN *et al.*, 2015) conducted to find out if house dust mites can carry the DNA of the house occupants, detected human DNA in house dust mites and the human DNA profiles showed (in 10.25% cases) an exact match with those found in the mite samples from the same house. Therefore, DNA samples from house dust mites found in a crime scene might be analyzed and compared with the DNA profiles obtained from victims and suspects.

In a rather recent case (EDSTON and VAN HAGE-HAMSTEN, 2003) HDM were used to clarify a sudden death of an unknown cause. A 47-year-old farmer was found dead in his bathroom; his hospital records revealed that he had previously been diagnosed with an allergy to house dust mites, but the forensic autopsy did not give any clue to the cause of death. Analysis of allergen-specific showed high values for *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart) and *D. farinae* Hughes and high mite allergen levels were found in dust obtained from the patient's mattress. Thus, the results of the immunological tests support the assumption that he died of anaphylactic shock supporting the idea that death in anaphylaxis might be underestimated.

Besides mites present in the environment, we all carry mites since humans are host to the hair follicle mites (*D. folliculorum* (Simon) and *D. brevis* (Akbulatova), Demodecidae) whose universal presence in all races and age groups, except the new-born, is ascertained. Since they can survive around a week after death, in a situation in which a cadaver is in a space from which arthropod carrion feeders are excluded, including air, water, and soil, estimating the time of death may be facilitated by the finding of live hair follicle mites (DESCH, 2009).

An interesting application of mites in a legal contest not related to death inquiries, is represented by the development of molecular markers to determine the origin of parasite infections in the animal trade (if infected before their export or import) (ALASAAD *et al.*, 2012). In this study, it was detected the origin of *Sarcoptes* mite infection on wildebeest imported by the United Arab Emirate (UAE) from Tanzania proving that populations of *Sarcoptes* mites aggregate in different clusters related to the geographical origin of the parasitic infections.

Finally, besides forensic science, there other situations where biological material can be used to rebuild past human activities and the use of mites in archeology is one of these. Of course, the presence of mites in archaeological samples (e.g., coprolites, human mummy) is not a surprise, what is interesting is the contribution their presence can make to the interpretation of sites: e.g., past environmental ecological conditions, food preferences, human social and economic activities, animal husbandry (BAKER, 2009). In particular excrement in archaeological deposits can shed light on cultural practices (e.g., what and where animals were kept and where feces were disposed of). In fact, some mesostigmatid species indicate the animal species that produced dung deposits and thus producer-indicating species could show whether human and other animal feces were disposed of in the same place or separately (BAKER, 2009).

In conclusion, it is possible to state that mites represent a valuable source in the forensic field yet still little information is available, especially com-

pared to forensic entomology which has numerous case reports. This is mainly due to problems with their small size, the difficulty of identification, lack of comprehensive knowledge (distribution, length of life cycle, carriers). Thus, user-friendly identification aids, such as picture-based keys covering the diversity of mites, are one of the priorities together with protocols in collection and preserving techniques to get good slides and dry preserved specimens. This is in order to obtain consistent fully cleared mounted specimens and acquire all the possible information even from a single collected specimen.

Certainly, the definition of the PMI is accurately obtained with the use of blowfly development (Calliphoridae) and case studies are numerous; yet in cases when insects get no access, mites that are already present or arrive walking, through air currents or material transferred can help shed some lights in long postmortem intervals. In fact, they preserve quite well because of their much smaller size, their shorter generation times and life spans than insects, and the sex ratio of a population (especially for haplodiploid species) offering a possible higher resolution in estimating the post-mortem interval (Perotti *et al.*, 2009). Moreover, the specificity of some acarine habitat or their presence only in some seasons can provide 'date stamp' evidence or help in reducing the number of suspects or putting the suspect both at a specific place as well as at a specific time (Prichard *et al.*, 1986; Samuel 1988).

Thus, it seems that there might be considerable potential in developing the subject of forensic acarology especially in situations where insects are absent and mites can provide valuable alternative input (Braig and Perotti 2009; OConnor 2009; Perotti and Braig 2009; Turner, 2009).

REFERENCES

Alasaad S., Schuster R.K., Gakuya F., Theneyan M., Jowers M.J., Maione S., Min A.M., Soriguer R.C., Rossi L., 2012 - *Applicability of molecular markers to determine parasitic infection origins in the animal trade: a case study from* Sarcoptes *mites in wildebeest.* - Forensic Sci. Med. Pathol., 8(3): 280-284.

Baker A., 2009 - *Acari in archaeology.* - Exp. Appl. Acarol., 49: 147-60.

Braig H.R., Perotti M.A., 2009 - *Carcases and mite*. - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 45-84.

Brouardel P., 1879 - *De la détermination de l'époque de la naissance et de la mort d'un nouveau-née, faite à l'aide de la prsence des acares et des chenilles d'aglosses dans cadavre momifié.* - Ann. Hyg. Publ. Méd. Lég., (série 3) 2: 153-158.

Çakan H., Güven K., Çevik F.E., Demirci M., Saribas S., 2015 - *Investigation of human DNA profiles in house dust mites: Implications in forensic acarology.* - Rom. J. Leg. Med., 23: 187-192.

Desch C.E., 2009 - *Human hair follicle mites and forensic acarology.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 143-146.

Edston E., van Hage-Hamsten M., 2003 - *Death in anaphylaxis in a man with house dust mite allergy.* - Int. J. Legal. Med., 117(5): 299-301.

Farahi S., Shishehbora P., Nemati A., 2018 - *Bisexual and oedipal reproduction of* Macrocheles muscaedomesticae *(Acari, Macrochelidae) feeding on* Musca domestica *(Diptera, Muscidae) eggs.* - Acarologia, 58(2): 430-441.

Goff M.L., 2009 - *Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 21-36.

González Medina A., González Herrera L., Perotti M.A., Jiménez Ríos G., 2013 - *Occurrence of* Poecilochirus austroasiaticus *(Acari: Parasitidae) in forensic autopsies and its application on postmortem interval estimation.* - Exp. Appl. Acarol., 59(3): 297-305.

Kamaruzaman N.A.C., Mašán P., Velásquez Y., González-Medina A., Lindström A., Braig H.R., Perotti M.A., 2018 - Macrocheles *species (Acari: Macrochelidae) associated with human corpses in Europe.* - Exp. Appl. Acarol., 76(4): 453-471.

Mašán P., Perotti M.A., Saloña-Bordas M.I., Braig H.R., 2013 - Proctolaelaps euserratus*, an ecologically unusual melicharid mite (Acari, Mesostigmata) associated with animal and human decomposition.* – Exp. Appl. Acarol., 61(4): 415-429.

Mégnin P., 1894 - *La faune des cadavres. Application de l'entomologie à la médecine légale*. G. Masson and Gauthier-Villars et fils, Paris pp 214.

Niogret J., Lumaret J.-P., Bertrand M., 2006 - *Review of the phoretic association between coprophilous insects and macrochelid mites (Acari: Mesostigmata) in France.* - Elytron, 20: 99-121.

Oconnor B.M., 2009 - *Astigmatid mites (Acari: Sarcoptiformes) of forensic interest.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 125-133.

Pérez-Martínez S., Moraza M.L., Saloña-Bordas M.I., 2019 - *Gamasina Mites (Acari: Mesostigmata) Associated with Animal Remains in the Mediterranean Region of Navarra (Northern Spain).* - Insects, 10(1): 5.

Perotti M.A, Braig H.R., 2009 - *Phoretic mites associated with animal and human decomposition.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 85-124.

Perotti M.A., 2009 - *Mégnin re-analysed: the case of the newborn baby girl, Paris, 1878.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 37-44.

Perotti M.A., Lee Goff M., Baker A.S., Turner B.D., Braig H.R., 2009 - *Forensic acarology: an introduction.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 3-13.

Prichard J.G., Kossoris P.D., Leibovitch R.A., Robertson L.D., Lovell F.W., 1986 - *Implications of trombiculid mite bites: report of a case and submission of evidence in a murder trial.* - J. Forensic Sci., 31(1): 301-316.

Rai J.K., Amendt J., Bernhardt V., Pasquerault T., Lindström A., Perotti M. A., 2020 - *Mites (Acari) as a Relevant Tool in Trace Evidence and Postmortem Analyses of Buried Corpses*. - J. Forensic Sci., 65(6): 2174-2183

Russell D.J., Schulz M.M., OConnor B.M., 2004 - *Mass occurrence of astigmatid mites on human remains.* - Abh. Ber. Naturk-mus. Gorlitz., 76: 51-56.

Saloña M.I., Moraza M.L., Carles-Tolrá M., Iraola V., Bahillo P., Yélamos T., Outerelo R., Alcaraz R., 2010 - *Searching the soil: forensic importance of edaphic fauna*

after the removal of a corpse. - J. Forensic Sci., 55(6): 1652-1655.

SALOÑA-BORDAS M.I., PEROTTI M.A., 2014 - *First contribution of mites (Acari) to the forensic analysis of hanged corpses: a case study from Spain.* - Forensic Sci. Int., 244: e6-11.

SAMUEL W.M., 1988 - *The use of age classes of winter ticks on moose to determine time of death.* - Can. Soc. Forensic Sci. J., 21: 54–59

SOLARZ K., 2009 - *Indoor mites and forensic acarology.* - Exp. Appl. Acarol., 49(1-2): 135-142.

TURNER B., 2009 - *Forensic entomology: a template for forensic acarology?* - Exp. Appl. Acarol., 49 (1-2): 15-20.

194 - 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 2021
Tipografia Coppini - Firenze

196 - Pagina bianca