



ATTI
DELLA
ACCADEMIA
NAZIONALE ITALIANA
DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXXIII
2025



FIRENZE

INDICE CON LINK

ATTI
DELLA
ACCADEMIA
NAZIONALE ITALIANA
DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXXIII
2025



FIRENZE

ISSN 0065-0757

Direttore Responsabile: *Prof. Andrea Battisti*
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.	7
Elenco degli Accademici	»	8
Verbalì delle adunanze del 21 e 22 febbraio 2025	»	11
Verbalì delle adunanze del 17 giugno 2025	»	16
Verbalì delle adunanze del 14 e 15 novembre 2025	»	19

Commemorazioni

VINCENZO VOMERO – <i>Commemorazione</i>	
VALERIO SBORDONI, 1942-2024	» 27
ALBERTO ALMA, LUCIANA TAVELLA – <i>Commemorazione</i>	
ALESSANDRINA ARZONE, 1926-2024	» 71
EUSTACHIO TARASCO – <i>Commemorazione</i>	
ORESTE TRIGGIANI, 1945-2024	» 75

Lecture

SERGIO ANGELI – <i>Ecologia chimica degli insetti: nuovi approcci per il controllo sostenibile delle specie dannose</i>	» 91
ANDREA FERRARI, CARLO POLIDORI – <i>Le vespe aculeate degli ambienti urbani italiani: verso la comprensione dei patterns di diversità di un gruppo ecologicamente rilevante ma largamente ignorato di insetti</i>	» 99
XAVIER BELLÈS – <i>Evoluzione della metamorfosi degli insetti</i>	» 105

Tavola Rotonda su:

ENGAGING CITIZENS FOR INSECT RESEARCH: POTENTIAL AND PITFALLS	» 111
ALESSANDRO CAMPANARO – <i>Engaging citizens in science, the Italian strategy and case studies on insects</i>	» 113
SIMONA BONELLI – <i>The Italian butterfly monitoring scheme, a successful story</i>	» 119
LEONARDO DAPPORTO – <i>Integrating citizen science occurrence data to assess butterfly population persistence: application of the PETS index in Mediterranean areas</i>	» 123
CRISTINA CASTRACANI – <i>From practice to theory: ants and stag beetles as models for participatory science</i>	» 127
ALESSANDRO CINI – <i>Early warning of the alien hornet Vespa velutina in Italy: exploring the power and limitations of citizen science</i>	» 131

Tavola Rotonda su:

NUOVI PARASSITI FORESTALI IN ITALIA: AGGIORNAMENTI, SFIDE E PROSPETTIVE	» 135
SARA RUSCHIONI, NUNZIO ISIDORO, PAOLA RIOLO – <i>Paysandisia archon (Lepidoptera, Castniidae) nelle Marche: aggiornamenti e prospettive</i>	» 137
CHIARA FERRACINI – <i>Cydalima perspectalis (Lepidoptera, Crambidae): una minaccia per le formazioni naturali di bosso dell'Italia nord-occidentale</i>	» 141
ANTONIO GUGLIUZZO, GIOVANNA TROPEA GARZIA, AGATINO RUSSO, ANTONIO BIONDI – <i>Scolitidi xilomicetofagi alieni e loro funghi simbiotici: una problematica emergente in ambiente mediterraneo</i>	» 147
DAVIDE RASSATI, LAURA BESANA, VALERIO CARUSO, GIACOMO CVALETTI, PIERFILIPPO CERRETTI, GIACOMO SANTOIEMMA – <i>Buprestidi e cerambicidi esotici: nuove tecnologie di intercettazione e identificazione</i>	» 153
MATTEO BRACALINI, TIZIANA PANZAVOLTA – <i>Corythucha arcuata (Hemiptera, Tingidae) in Toscana: aggiornamenti e prospettive</i>	» 159
STEFANO SPERANZA, MARIO CONTARINI, NICOLÒ DI SORA, LUCA ROSSINI, SILVIA TURCO, ANGELO MAZZAGLIA – <i>Bio-ecologia e aspetti molecolari di Toumeyella parvicornis (Hemiptera, Coccidae): stato dell'arte e prospettive di gestione</i>	» 165
PIO FEDERICO ROVERSI, GIUSEPPINO SABBATINI, GIUSEPPE MAZZA, LUCREZIA GIOVANNINI – <i>Lotta biologica classica e controllo delle popolazioni di Toumeyella parvicornis (Cockerell) nelle aree di nuova introduzione</i>	» 169

ANNO ACCADEMICO
2025

CONSIGLIO DI PRESIDENZA

PRESIDENTE

PENNACCHIO PROF. DOTT. FRANCESCO
(fino al 15 novembre 2025)

BATTISTI PROF. DOTT. ANDREA
(dal 15 novembre 2025)

VICE-PRESIDENTE

FAUSTO PROF. DOTT.SA ANNA MARIA
(fino al 15 novembre 2025)

ROVERSI PROF. DOTT. PIO FEDERICO
(dal 15 novembre 2025)

SEGRETARIO

CERVO PROF. DOTT.SA RITA
(fino al 15 novembre 2025)

BIONDI PROF. DOTT. MAURIZIO
(dal 15 novembre 2025)

TESORIERE

NANNELLI DOTT. ROBERTO
(confermato)

ELENCO DEGLI ACCADEMICI

ACCADEMICI SENIORES

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
BRANDMAYR Prof. Pietro	– Cosenza	2005 - 2014
BRIOLINI Prof. Dott. Giovanni	– Bologna	1977 - 1982
BULLINI Prof. Dott. Luciano	– Roma	1986
CASALE Prof. Achille	– Sassari	1996 - 2002
COBOLLI Prof. Dott. Marina	– Roma	2001 - 2018
CRAVEDI Prof. Dott. Piero	– Piacenza	1999 - 2005
DELRIO Prof. Dott. Gavino	– Sassari	1989 - 2000
GASPERI Prof. Dott. Giuliano	– Pavia	2005 - 2013
GIORDANA Prof. Dott. Barbara	– Milano	1997 - 2003
GIROLAMI Prof. Dott. Vincenzo	– Padova	1993 - 2004
LONGO Prof. Dott. Santi	– Catania	1995 - 2021
MAINI Prof. Stefano	– Bologna	2005 - 2014
MALVA Dott. Carla	– Napoli	2001 - 2010
MAROLI Prof. Dott. Michele	– Roma	2003 - 2010
MASSA Prof. Dott. Bruno	– Palermo	2011 - 2017
MASUTTI Prof. Dott. Luigi	– Padova	1972 - 1977
MAZZINI Prof. Dott. Massimo	– Viterbo	2000
MINELLI Prof. Alessandro	– Padova	1986 - 1993
NANNELLI Dott. Roberto	– Firenze	1998 - 2005
NUZZACI Prof. Dott. Giorgio	– Bari	1988 - 1994
PELLIZZARI Prof. Giuseppina	– Padova	2011 - 2018
POGGI Dott. Roberto	– Genova	1989 - 1999
RAGUSA DI CHIARA Prof. Dott. Salvatore	– Palermo	1993 - 2000
ROTUNDO Prof. Dott. Giuseppe	– Campobasso	1999 - 2010
SANTINI Prof. Dott. Luciano	– Pisa	1993 - 2000
SOLINAS Prof. Dott. Mario	– Perugia	1978
SÜSS Prof. Dott. Luciano	– Milano	1987 - 1993
TRANFAGLIA Prof. Dott. Antonio	– Potenza	1993 - 2021
TURILLAZZI Prof. Dott. Stefano	– Firenze	1989 - 2000

ACCADEMICI ORDINARI

ALMA Prof. Dott. Alberto	– Torino	2007 - 2013
AUDISIO Prof. Paolo Aldo	– Napoli	2004 - 2015
BALLERIO Dott. Alberto	– Brescia	2015 - 2020
BANDI Prof. Dott. Claudio	– Milano	2015 - 2022
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 - 2021
CERVO Prof. Dott. Rita	– Firenze	2012 - 2018
COLAZZA Prof. Dott. Stefano	– Palermo	2013 - 2019

CONTI Prof. Dott. Eric	– Perugia	2018 - 2025
CRISTOFARO Dott. Massimo	– Roma	2014 - 2022
DAPPORTO Prof. Dott. Leonardo	– Firenze	2018 - 2025
DE LILLO Prof. Dott. Enrico	– Bari	2011 - 2018
DIGILIO Prof. Dott. Maria Cristina	– Napoli	2015 - 2022
DI PALMA Prof. Dott. Antonella	– Foggia	2014 - 2020
DUSO Prof. Carlo	– Padova	2016 - 2024
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
GARONNA Prof. Antonio Pietro	– Napoli	2016 - 2024
GERMINARA Prof. Giacinto Salvatore	– Foggia	2014 - 2021
ISIDORO Prof. Dott. Nunzio	– Ancona	2013 - 2020
LUCCHI Prof. Dott. Andrea	– Pisa	2015 - 2022
NAZZI Prof. Dott. Francesco	– Udine	2012 - 2019
PENNACCHIO Prof. Dott. Francesco	– Napoli	2001 - 2007
RAPISARDA Prof. Dott. Carmelo	– Catania	2005 - 2012
ROVERSI Prof. Dott. Pio Federico	– Firenze	2008
RUSSO Prof. Dott. Agatino	– Catania	2011 - 2017
TAVELLA Prof. Dott. Luciana	– Torino	2018 - 2025
VANIN Prof. Dott. Stefano	– Genova	2018 - 2025
ZAPPAROLI Prof. Dott. Marzio	– Viterbo	2012 - 2019

ACCADEMICI ONORARI

ALTIERI Prof. Miguel Angel	– Berkeley (California, USA)	2004
BELLÉS Prof. Xavier	– Barcellona (Spagna)	2024
BEUTEL Prof. Dott. Rolf G.	– Jena (Germania)	2018
CRISANTI Prof. Dott. Andrea	– Padova	2020
DALLAI Prof. Dott. Romano	– Siena	2022
GATEHOUSE Prof. Angharad M.R.	– Newcastle (U.K.)	2015
LENTEREN Prof. Dott. Johan Coert van	– Wageningen (Olanda)	2006
TAUTZ Prof. Dott. Jürgen	– Würzburg (Germania)	2006
VIGGIANI Prof. Dott. Gennaro	– Napoli	2020

ACCADEMICI STRAORDINARI

ANFORA Prof. Dott. Gianfranco	– Trento	2020
ANGELI Prof. Sergio	– Bolzano	2023
BARACCHI Prof. David	– Firenze	2025
BARBERO Prof. Francesca	– Torino	2024
BARTOLOZZI Dott. Luca	– Firenze	2022
BEANI Prof. Dott. Laura	– Firenze	2021
BONELLI Prof. Dott. Simona	– Torino	2021
BURGIO Prof. Dott. Giovanni	– Bologna	2018
CARAPELLI Prof. Dott. Antonio	– Siena	2020
CASARTELLI Prof. Dott. Morena	– Milano	2020
CONTI Prof. Dott. Barbara	– Pisa	2019
CUSUMANO Prof. Antonino	– Palermo	2025
DANI Prof. Dott. Francesca Romana	– Firenze	2022

DELLA TORRE Prof. Alessandra	– Roma	2023
DI GIULIO Prof. Dott. Andrea	– Roma	2019
DINDO Prof. Dott. Maria Luisa	– Bologna	2019
FACCOLI Prof. Dott. Massimo	– Padova	2020
FANCIULLI Prof. Dott. Pietro Paolo	– Siena	2019
FONTANA Dott. Paolo	– Padova	2024
GRASSO Prof. Dott. Donato	– Parma	2020
GUERRIERI Prof. Dott. Emilio	– Napoli	2019
MARINI Prof. Lorenzo	– Padova	2022
MASON Dott. Franco	– Verona	2019
MAZZONI Prof. Dott. Emanuele	– Piacenza	2018
MONTAGNA Prof. Dott. Matteo	– Napoli	2023
PALMERI Prof. Dott. Vincenzo	– Reggio Calabria	2021
PANTALEONI Prof. Dott. Roberto	– Sassari	2016
PERI Prof. Ezio	– Palermo	2022
ROMANI Prof. Dott. Roberto	– Perugia	2018
SABBATINI PEVERIERI Dott. Giuseppino	– Firenze	2020
SIMONI Dott. Sauro	– Firenze	2018
SISCARO Prof. Dott. Gaetano	– Catania	2018
TREMATERRA Prof. Dott. Pasquale	– Campobasso	2021
TSOLAKIS Prof. Dott. Haralabos	– Palermo	2018
ZAPPALÀ Prof. Dott. Lucia	– Catania	2019
ZILLI Dott. Alberto	– Londra	2024

N.B. - Per gli Accademici seniores e ordinari le date sono rispettivamente quelle della nomina ad Accademico straordinario e ad Accademico ordinario.

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 21 E 22 FEBBRAIO 2025

Presiede il Presidente Prof. FRANCESCO PENNACCHIO
Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa RITA CERVO

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 21 febbraio 2025 alle ore 14:00 a Firenze Cascine del Riccio via Lanciola 12/A e per via telematica su piattaforma Zoom (link: <https://unipd.zoom.us/j/81042501941>) iniziano i lavori della Seduta pubblica:

Sono presenti i seguenti Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. COBOLLI, B. MASSA, S. LONGO

Ordinari: M. BOLOGNA, R. CERVO, E. CONTI, L. DAPPORTO, E. DE LILLO, M.C. DIGILIO, A.M. FAUSTO, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R.C. RAPISARDA, S. TURILLAZZI, S. VANIN, A. DI PALMA, A. LUCCHI

Straordinari: S. ANGELI, F. BARBERO, L. BEANI, S. BONELLI, M. CASARTELLI, F.R. DANI, P. FONTANA, E. MAZZONI, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ, A. ZILLI

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: P. BRANDMAYR, R. NANNELLI, A. MINELLI

Ordinari: A. ALMA, A. BALLERIO, P. ROVERSI, C. DUSO

Straordinari: M.I. DINDO, M. MONTAGNA, D. GRASSO.

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

Il tema della Tavola Rotonda verte su “*Engaging Citizens for Insect Research: Potential and Pitfalls*”.

Coordinata dagli Accademici Simona BONELLI e Leonardo DAPPORTO

Ore 14:00 – Saluti del Presidente Francesco PENNACCHIO

Ore 14:10 – Introduzione di Simona BONELLI e Leonardo DAPPORTO

Interventi:

- Alessandro CAMPANARO (CREA Centro di ricerca Difesa e Certificazione): Engaging citizens in science, the Italian strategy and case studies on insects.
- Chris VAN SWAAY (De Vlinderstichting Dutch Butterfly Conservation): Monitoring butterflies with citizens.
- Simona BONELLI (Università di Torino): The Italian butterfly monitoring scheme, a successful story.
- Leonardo DAPPORTO (Università di Firenze): Unstructured citizen science reduces the perception of butterfly local extinctions, but is biased by aesthetic preference.
- Cristina CASTRACANI (Università di Parma): From practice to theory: ants and stag beetles as models for participatory science.
- Alessandro CINI (Università di Pisa): Early warning of the alien hornet *Vespa velutina* in Italy: exploring the power and limitations of citizen science.

Discussione e conclusioni.

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

ASSEMBLEA PLENARIA

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

Sabato 22 febbraio 2025 ore 9:30 a Firenze Cascine del Riccio via Lanciola 12/A e per via telematica su piattaforma Zoom al seguente link: <https://unipd.zoom.us/j/88432276213>. Come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. COBOLLI, B. MASSA, M. MAZZINI, R. NANNELLI, S. LONGO, L. SUSS

Ordinari: A. BALLERIO, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, R. CERVO, E. CONTI, L.

DAPPORTO, E. DE LILLO, A. LUCCHI, E. C. DIGILIO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, G. GARGIULO, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, C. RAPISARDA, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, G. GERMINARA, S. VANIN, C. DUSO, A. DI PALMA, A. GARONNA

Onorari: R. DALLAI

Straordinari: S. ANGELI, F. BARBERO, S. BONELLI, G. BURGIO, M. CASARTELLI, B. CONTI, M.L.

DINDO, P. FONTANA, E. MAZZONI, D. GRASSO, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALA, A. ZILLI, P. TREMATERRA

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: P. BRANDMAYR, A. MINELLI

Ordinari: A. ALMA, P. ROVERSI

Straordinari: M. MONTAGNA

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 16 novembre 2024, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente comunica che uscirà a breve il bando per un Premio per dottorandi istituito dall'ANIE e dalla SEI; il premio consiste nell'iscrizione gratuita al XXVIII Convegno CNIE di Siena e in un contributo di 800 euro per le spese sostenute per la partecipazione al medesimo Convegno; il vincitore sarà premiato insieme al vincitore del premio Osella in occasione del Congresso SEI di Giugno.
- Il Presidente comunica che è stato formato un Gruppo di riferimento a seguito della Giornata del 26 novembre che si è svolta a Firenze su “La Protezione delle piante senza chimica? Innovazione, sostenibilità e realtà” a cui partecipano le accademie (ANIE e Georgofili) Agritech, rappresentanti del mondo imprenditoriale, Società Tossicologica, Associazioni professionali, UNASA, AISSA e di vari enti e ministeri per la messa a punto di linee guida tecnico scientifiche e normative. La prima riunione si è tenuta il 5 febbraio scorso.
- Il Presidente comunica che è stato concesso il Patrocinio dell'ANIE per due iniziative in ambito entomologico richieste dall'Accademico P. ROVERSI (XII European Symposium on the Saproxylic Ecology (ESSE 2025; l'evento è pubblicizzato sul sito ANIE) e dall'Accademico

C. BANDI (CONFERENZA INF-ACT 2025 - A Step Ahead, organizzata dalla Fondazione INF-ACT - Hub del Partenariato Esteso sul tema delle malattie infettive, che si terrà nei giorni 3-5 Aprile 2025 presso l'Aula Magna Gaetano Salvatore – Campus AOU Federico II, Napoli organizzata nell'ambito del PNRR).

- Il Presidente comunica che l'Accademico ERIC CONTI con il supporto degli Accademici LUCIA ZAPPALÀ, MARCO ALBERTO BOLOGNA e FRANCESCO FRATI è riuscito a dar visibilità all'Entomologia nel XV Congresso Nazionale sulla Biodiversità - 2nd International Conference on Mediterranean Biodiversity, che si terrà a Perugia dal 3 al 6 giugno 2025 con tre sessioni parallele e una Plenary Lecture riguardanti tematiche entomologiche.
- Il Presidente comunica che il nuovo Accademico Onorario Xavier Belles sarà presente alle Adunanze di novembre durante le quali terrà una lettura.
- Il Presidente comunica che gli Accademici MATTEO MONTAGNA e ALBERTO ALMA hanno inviato al Consiglio di Presidenza una proposta per una Tavola Rotonda dal titolo "Insetti come olobionti? Il ruolo del microbiota negli insetti fitofagi" che potrebbe tenersi a giugno/novembre 2026.
- Il Presidente sollecita la formazione di un gruppo di Accademici che si occupi del sito web dell'ANIE per il quale ha dato disponibilità solo l'Accademico V. PALMIERI.

3) Pubblicazioni dell'Accademia

Il Presidente sollecita chi non lo avesse ancora fatto di inviare il contributo scritto degli interventi per le Tavole Rotonde e per le letture del 2024 entro fine febbraio per la pubblicazione del volume degli atti. Il Presidente sollecita gli Accademici perché prenotino una copia cartacea (o la versione on line) del 1° volume già uscito della piattaforma didattica curata dall'ANIE ed edita dalla Liguori. Le informazioni per la prenotazione sono state mandate dalla Segretaria per email.

4) Premio Osella

Il Presidente comunica all'Assemblea che la commissione costituita dagli Accademici A. MINELLI, P. BRANDMAYR, L. TAVELLA ha selezionato, tra le 20 domande pervenute, il vincitore del premio Osella che risulta essere il Dr. Andrea Ferrari. Il Presidente ringrazia molto la commissione per il lavoro svolto.

5) XXVIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia

Il Presidente invita l'Accademico F. FRATI ad illustrare all'Assemblea gli avanzamenti dell'organizzazione del Congresso ANIE che si terrà a Siena il prossimo giugno. Prende la parola l'Accademico F. FRATI che illustra gli avanzamenti nell'organizzazione del Congresso. L'Accademico F. FRATI propone di mettere le presentazioni dei vincitori del Premio Osella e del Premio dei Dottorandi come Opening Lecture nelle sessioni di competenza delle tematiche che tratteranno.

6) Fauna d'Italia

Su richiesta del Presidente, prende la parola l'Accademico MARCO A. BOLOGNA, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, che riferisce sulle attività ultimamente svolte.

1. Volumi della Fauna d'Italia. Per quanto riguarda il volume di Emilio Balletto, Simona Bonelli, Leonardo Dapporto, Francesca Barbero (membri dell'Accademia) e Luca Casacci su Lepidoptera Papilionoidea II (vol. 55) tutte le bozze sono state corrette e rispediti all'Editore; così delle figure nel testo. Mancano invece tutte le foto a colori da comporre in tavole e piccole parti iniziali e finali.

Il testo del volume di Fausto Pesarini, Hymenoptera Symphyta II (vol. 56), è stato consegnato al CSFI e assegnato al tutor (Accademico Marzio Zapparoli) per la revisione. Mancano ancora molte figure che sono in fase di preparazione da parte di un disegnatore.

Sono in fase di diversa preparazione anche altre 10 monografie, in parte a cura di colleghi en-

tomologi. Le prossime ad essere consegnate, e per le quali sono già stati consegnati al CSI il piano dettagliato dell'opera e una parte speciale come esempio, saranno quella sui condroitti, di Fabrizio Serena e colleghi, e quella di policheti sabellidi, di Adriana Giangrande e colleghi. Man mano che verranno consegnati gli altri volumi si procederà all'invio in stampa, con una prospettiva di opere disponibili già per i prossimi 5 anni.

2. Aggiornamento della checklist della Fauna d'Italia. Prosegue il lavoro di aggiornamento della checklist della fauna italiana dopo la decisione di aggiungere le vecchie liste a quelle nuove già consegnate due anni orsono alla piattaforma LifeWatch, per i gruppi su cui non sono state predisposte nuove checklist. Questo lavoro, di cui si sta facendo carico il collega Marco Oliverio, avviene con la collaborazione attraverso un Nel frattempo, sono stati pubblicati su "Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography", nuovi *datapaper* e altri sono in preparazione.

Il Presidente del CSFI ringrazia l'Accademia nazionale italiana di Entomologia per il sostegno economico alle sue attività editoriali che è stato investito nel pagamento del disegnatore per il volume sui sinfiti.

7) Proclamazione e consegna dei diplomi ai nuovi Accademici

Il Presidente proclama e consegna i diplomi ai nuovi Accademici straordinari (FRANCESCA BARBERO, PAOLO FONTANA, ALBERTO ZILLI). L'Accademico onorario (XAVIER BELLES) non essendo presente ritirerà il suo diploma all'Assemblea di novembre. Per la proclamazione degli Accademici ordinari, come di consueto, dobbiamo aspettare la nomina dal Ministero.

8) Conferma programma delle Sedute per l'A.A. 2025

Giugno 2025 Congresso CNIE a Siena

- Commemorazione dell'Accademica ALESSANDRINA ARZONE da parte dell'Accademico Alberto Alma.
- Presentazione di una lettura da parte del vincitore del Premio Osella.
- Presentazione di una lettura da parte del vincitore del Premio per Dottorandi

Novembre 2025 (14 e 15/11 CREA-DC)

- Tavola Rotonda coordinata dall'Accademico M. FACCOLI dal titolo "Nuovi parassiti forestali in Italia: aggiornamenti, sfide e prospettive"; Lettura tenuta dall'Accademico Onorario XAVIER BELLES "The evolution of Insect metamorphosis" al posto di quella programmata tenuta dall'Accademica S. BONNELLI.
- Commemorazione dell'Accademico Oreste Triggiani che sarà tenuta dal Prof. TARASCO.

9) Varie ed eventuali

Il Presidente chiede delega all'Assemblea perché il Consiglio di Presidenza individui un Accademico, come membro dell'Accademia, per far parte della Commissione per la selezione del Premio per Dottorandi dopo la scadenza del bando che sarà il 20 marzo 2025.

SEDUTA PUBBLICA - ore 10.30

Lettura: "La *chemical ecology* degli insetti: nuovi approcci per il controllo sostenibile delle specie dannose" dell'Accademico Sergio ANGELI.

Commemorazione dell'Accademico Valerio SBORDONI tenuta dall'Accademico Marco Alberto BOLOGNA e da Vincenzo VOMERO.

ASSEMBLEA ORDINARIA - ore 11:30

O.d.g.

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 16 novembre 2024, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente comunica l'attuale numero di posti disponibili:

Straordinari: 6 posti; Ordinari: 5 posti; Onorari: 6 posti.

Di questi posti, il Consiglio di Presidenza ha ritenuto opportuno mettere in copertura con le prossime elezioni di novembre: 3 posti di Accademico Straordinario; 2 di Accademico Ordinario e un posto di Accademico Onorario.

Il Presidente comunica che è stata inviata al Ministero dei Beni culturali la richiesta di finanziamento per il 2025 e che dal calcolo che viene generato dal sistema dovrebbe arrivare un finanziamento massimo di 9.000 euro.

3) Esame e approvazione conto consuntivo anno finanziario 2024

Prende la parola l'Accademico Roberto NANNELLI, in qualità di Tesoriere dell'Accademia, illustrando il Bilancio Consuntivo per l'a.f. 2024 già revisionato dal collegio dei Revisori dei Conti. Il Tesoriere quindi illustra i diversi punti dei capitoli delle entrate e delle uscite. L'Assemblea non pone rilievi e approva all'unanimità.

4) Varie ed eventuali

Il Segretario
RITA CERVO

Il Presidente
FRANCESCO PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 17 GIUGNO 2025

Presiede il Presidente Prof. FRANCESCO PENNACCHIO
Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa RITA CERVO

SEDUTA PUBBLICA 18:00-19:00

martedì 17 giugno 2025

a Siena Complesso didattico del Polo Scientifico – Tecnologico di San Miniato –
Università degli Studi di Siena

nell'ambito del XXVIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia (CNIE 2025)

Sono presenti i seguenti Accademici:

Seniores: G. GASPERI, M. MAROLI, B. MASSA, M. MAZZINI, R. NANNELLI, S. RAGUSA DI CHIARA;

Ordinari: A. ALMA, A. BATTISTI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, R. CERVO, E. CONTI, M. CRISTOFARO,
L. DAPPORTO, A. DI PALMA, A.M. FAUSTO, I. FLORIS, F. FRATI, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA,
A. LUCCHI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, C. RAPISARDA, P. F. ROVERSI, L. TAVELLA, S.
TURILLAZZI, S. VANIN;

Onorari: R.G. BEUTEL, R. DALLAI;

Straordinari: G. ANFORA, G. BURGIO, CASARTELLI, F.R. DANI, M. L. DINDO, M. FACCOLI, P.
FONTANA, A.D. GRASSO, L. MARINI, E. MAZZONI, M. MONTAGNA, E. PERI, G. SABBATINI, S.
SIMONI, G. SISCARO, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ, A. ZILLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. COBOLLI, L. SANTINI;

Ordinari: A. BALLERIO, C. DUSO;

Straordinari: F. BARBERO, S. BONELLI.

Alla Seduta Pubblica sono presenti anche numerosi ricercatori e studiosi presenti al Congresso

SEDUTA PUBBLICA – ore 18.00-18.30

Ore 18.00 – 18.30: Conferimento PREMIO OSELLA – ANDREA FERRARI “Come l’urbanizzazione influenza la biodiversità di vespe aculeate in diverse città metropolitane mediterranee”

Ore 18.30 – 19.00: Commemorazione dell’Accademica ALESSANDRINA ARZONE tenuta dall’Accademico ALBERTO ALMA

ASSEMBLEA PLENARIA

Giovedì 19 giugno 2025 ore 16.45

a Siena Complesso didattico del Polo Scientifico – Tecnologico di San Miniato –
Università degli Studi di Siena

nell'ambito del XXVIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia (CNIE 2025)

Viene discusso il seguente Ordine del Giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 22 febbraio 2025, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente ricorda all'Assemblea il Programma delle Assemblee di Novembre (14-15/11).
 - a) Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive” coordinata dall'Accademico M. FACCOLI
 - b) Commemorazione dell'Accademico ORESTE TRIGGIANI che sarà tenuta dal Prof. TARASCO.
 - c) Lettura dell'Accademico Onorario XAVIER BELLES)
- Il Presidente invita gli Accademici a proporre nuove Tavole Rotonde che verranno inserite nella programmazione triennale dell'Accademia ma anche Tavole Rotonde su tematiche di interesse che potranno essere programmate al di fuori delle date delle adunanze e arricchire le attività che l'Accademia offre.
- Il Presidente ricorda che, come di consueto, a novembre, nei giorni precedenti alle Assemblee ANIE e nella stessa sede, si terrà il PhD Meeting in Insect Science e informa l'Assemblea che è stato confermato il precedente comitato organizzatore costituito dagli Accademici GIANFRANCO ANFORA, MORENA CASARTELLI, ERIC CONTI E FRANCESCA ROMANA DANI.
- Il Presidente comunica che è stato concesso il Patrocinio dell'ANIE al Convegno di Ditterologia che si terrà tra il 22 e il 23 settembre 2025 a Reggio Emilia nell'ambito del NBFC. Le informazioni relative al Convegno saranno pubblicate sul sito ANIE.
- Il Presidente chiede all'Accademico STEFANO VANIN di relazionare riguardo alla scuola nazionale di ditterologia “Lorenzo Munari” che si è tenuta a Pieve del Grappa tra il 27 e il 31 maggio scorso. L'Accademico VANIN prende la parola illustrando il programma e la partecipazione di 17 iscritti alla scuola tra cui studenti, dottorandi e professionisti. Visto l'interesse riscosso propone di ripetere l'esperienza con due scuole (una sui ditteri e una sugli imenotteri) da organizzare il prossimo anno.
- Il Presidente ricorda inoltre che l'Accademico ERIC CONTI con il supporto degli Accademici LUCIA ZAPPALÀ, MARCO ALBERTO BOLOGNA e FRANCESCO FRATI ha organizzato delle sessioni su tematiche entomologiche nell'ambito del XV Congresso Nazionale sulla Biodiversità - 2nd International Conference on Mediterranean Biodiversity, che si è appena tenuto a Perugia (3 al 6 giugno 2025). Tali attività hanno riscontrato interesse e hanno avuto un notevole successo.
- Il Presidente comunica che non essendo giunta alla Segreteria la disponibilità da parte di nessun Accademico ad affiancare V. PALMERI per la formazione di un gruppo di Accademici che si occupi del sito web dell'ANIE, è stato chiesto agli Accademici M. MONTAGNA e P. FONTANA la loro disponibilità a far parte di questo gruppo di lavoro. Vista la loro disponibilità il Presidente chiede all'Accademico V. PALMERI di coordinarsi con gli altri e iniziare a lavorare sul sito.
- Il Presidente ricorda agli Accademici che non l'avessero ancora fatto di aggiornare il proprio Cv sul sito ANIE.

- Il Presidente informa che il 21 marzo è arrivato dal Ministero il decreto che riconosce l'elezione di ERIC CONTI, LEONARDO DAPPORTO, LUCIANA TAVELLA E STEFANO VANIN ad Accademici Ordinari dell'ANIE. Il diploma verrà consegnato in occasione delle prossime Assemblee di novembre.

3) Pubblicazioni dell'Accademia

- Il Presidente informa che l'Accademico R. NANNELLI ha inviato proprio pochi giorni fa per posta elettronica il formato pdf delle monografie e degli atti dell'Accademia del 2024.
- Il Presidente illustra inoltre lo stato di avanzamento e le difficoltà relative alla piattaforma didattica in più volumi che l'Accademia sta portando avanti con l'Editore Liguori. A tale riguardo il Presidente informa che la Casa Editrice ha ricevuto svariate prenotazioni per il 1° volume in formato cartaceo e quindi la Casa Editrice avvierà la pubblicazione del volume cartaceo per quanti lo hanno prenotato

4) Varie ed eventuali

Nessuna.

ASSEMBLEA ORDINARIA – ore 17.15

Viene discusso il seguente Ordine del Giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Ordinaria del 22 febbraio 2025, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente comunica che nei termini stabiliti il Consiglio di Presidenza ha ricevuto le proposte per nuovi Accademici ordinari:

SAURO SIMONI (proposto da A. DI PALMA, E. DE LILLO, P.F. ROVERSI)

HARALABOS TSOLAKIS (proposto da S. RAGUSA, G. NUZZACI, A. RUSSO)

e per i nuovi accademici straordinari:

ANTONINO CUSUMANO (proposto da E. CONTI, A. LUCCHI, S. COLAZZA)

DAVID BARACCHI (proposto da S. TURILLAZI, R. DALLAI, F. FRATI)

GIANLUCA TETTAMANTI (proposto da G. GASPERI, A. P. GARONNA, A. BATTISTI)

3) Varie ed eventuali

Nessuna.

La seduta è sciolta alle 17.30

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 14 E 15 NOVEMBRE 2025

Presiede il Presidente Prof. FRANCESCO PENNACCHIO

Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa RITA CERVO

Venerdì 14 novembre 2025 alle ore 14:30 a Firenze Cascine del Riccio via Lanciola 12/A e per via telematica su piattaforma Zoom, Link: <https://unipd.zoom.us/j/83512092234> iniziano i lavori della Seduta pubblica:

Sono presenti i seguenti Accademici:

Seniores: A. BINAZZI, M. COBOLLI, S. MAINI, C. MALVA, B. MASSA, R. NANNELLI, S. RAGUSA DI CHIARA;
Ordinari: A. ALMA, A. BALLERIO, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, R. CERVO, S. COLAZZA, E. DE LILLO, M.C. DI GIGLIO, A. DI PALMA A.M. FAUSTO, F. FRATI, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA, A. LUCCHI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. VANIN, M. ZAPPAROLI;
Straordinari: F. BARBERO, M. CASARTELLI, B. CONTI, F.R. DANI, M.L. DINDO, M. FACCOLI, P. FONTANA, D.A. GRASSO, L. MARINI, E. MAZZONI, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, G. SISCARO, P. TREMATERRA, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ, A. ZILLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, P. BRANDMAYR, L. SANTINI;
Ordinari: D. BOSCO, E. CONTI, M. CRISTOFARO, L. DAPPORTO, C. DUSO, I. FLORIS, L. TAVELLA, S. TURILLAZZI;
Straordinari: S. ANGELI, S. BONELLI, M. MONTAGNA.

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

SEDUTA PUBBLICA

Il tema della Tavola Rotonda verte su: “*Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive*”

14:30 – Saluti del Presidente FRANCESCO PENNACCHIO

14:40 – Introductione: MASSIMO FACCOLI (Università degli Studi di Padova)

Interventi:

- *Paysandisia archon* (Lepidoptera, Castniidae) nelle Marche: aggiornamenti e prospettive. SARA RUSCHIONI – Università delle Marche
- *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera, Crambidae): una minaccia per le formazioni naturali di bosso dell'Italia nord-occidentale. CHIARA FERRACINI – Università di Torino
- Scolitidi lignicoli alieni e loro funghi simbiotici. ANTONIO GUGLIUZZO – Università di Catania
- Buprestidi e cerambicidi esotici: nuove tecnologie di intercettazione e identificazione. DAVIDE RASSATI – Università di Padova
- *Corythuca arcuata* (Hemiptera, Tingidae) in Toscana: aggiornamenti e prospettive. MATTEO BRACALINI – Università di Firenze

- Bio-ecologia e aspetti molecolari di *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera, Coccidae) STEFANO SPERANZA – Università degli Studi della Toscana
- Lotta biologica classica e controllo delle popolazioni di *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) nelle aree di nuova introduzione. PIO FEDERICO ROVERSI, GIUSEPPINO SABBATINI, GIUSEPPE MAZZA, LUCREZIA GIOVANNINI – Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante (CREA-DC)
- Discussione e conclusioni.

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

ASSEMBLEA PLENARIA

Presiede il Presidente Prof. FRANCESCO PENNACCHIO
Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa RITA CERVO

Sabato 15 novembre 2025 alle ore 9:00 a Firenze Cascine del Riccio via Lanciola 12/a e per via telematica su piattaforma Zoom al seguente link: <https://unipd.zoom.us/j/88598255825> come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: A. BINAZZI, P. BRANDMAYR, M. COBOLLI, S. LONGO, S. MAINI, C. MALVA, B. MASSA, L. MASUTTI, A. MINELLI, R. NANNELLI, G. NUZZACI, S. RAGUSA DI CHIARA, M. SOLINAS;

Ordinari: A. ALMA, P. AUDISIO, A. BALLERIO, C. BANDI, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, R. CERVO, S. COLAZZA, E. CONTI, L. DAPPORTO, E. DE LILLO, M.C. DI GIGLIO, A. DI PALMA, C. DUSO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, G. GARGIULO, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, S. VANIN, M. ZAPPAROLI;

Onorari: R. DALLAI;

Straordinari: F. BARBERO, L. BARTOLOZZI, A. CARAPELLI, M. CASARTELLI, B. CONTI, F.R. DANI, M.L. DINDO, M. FACCOLI, D.A. GRASSO, L. MARINI, E. MAZZONI, M. MONTAGNA, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, G. SISCARO, P. TREMATERRA, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALA', A. ZILLI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. MAZZINI, L. SANTINI;

Ordinari: M. CRISTOFARO, I. FLORIS, R. POGGI, L. TAVELLA;

Straordinari: S. ANGELI, S. BONELLI, P. FONTANA.

ASSEMBLEA PLENARIA – ore 9:00

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 17 giugno 2025, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente comunica che l'Amministrazione Comunale di Bevagna, città natale di Filippo Silvestri, ha destinato nel bilancio 2025 la cifra di 1500 euro allo scopo di onorare la figura dell'illustre entomologo. Con questa cifra verrà istituito un premio a un giovane ricercatore che si occupa di lotta biologica negli insetti. Si dovrà concordare con l'Amministrazione Comunale che tipo di evento si potrà organizzare per onorare la memoria di Filippo Silvestri.
- Il Presidente comunica che l'ANIE ha dato il patrocinio all'evento dal titolo "Il ruolo della Tenuta presidenziale di Castelporziano nello studio e nella conservazione della diversità animale"

che si è tenuto tra il 6 e il 7 novembre scorso presso la tenuta di Castel Porziano. Il Presidente invita ANNA MARIA FAUSTO, che ha organizzato l'evento, ad informare l'Assemblea su tale attività. L'accademica ANNA MARIA FAUSTO informa che il convegno si è sviluppato in due giornate, con 27 relazioni e una Tavola Rotonda, con una partecipazione ristretta solo a coloro che si erano registrati. L'evento è stato molto interessante e appena disponibile sarà fornito sul sito web dell'Accademia il link per accedere alla registrazione delle diverse sessioni.

- Il Presidente informa l'assemblea che il Libro Bianco sulla difesa fitosanitaria sostenibile, redatto da numerosi portatori d'interesse, con il coordinamento congiunto del Centro Nazionale AGRI-TECH (Spoke 2), dell'Accademia dei Georgofili e dell'ANIE, è stato sostanzialmente completato. Non appena sarà pronta la versione definitiva e sarà stabilita una data per l'evento di presentazione ne verrà data notizia agli Accademici.
- Il Presidente informa l'Assemblea che il XVI Annual Meeting of the European PhD Network in "Insect Science", conclusosi ieri nella sede del CREA, si è svolto con grande successo e la qualità delle presentazioni dei dottorandi è stata di un ottimo livello. Il Presidente quindi ringrazia gli Accademici coinvolti nell'organizzazione del XVI Annual Meeting per il lavoro svolto e il personale del CREA per il supporto logistico. Il Presidente ribadisce l'importanza di mantenere nel futuro questa attività e propone di inserire nel Comitato organizzatore dei colleghi che fanno parte di progetti europei in modo da stimolare la partecipazione all'Annual Meeting di dottorandi provenienti da altri paesi.
- Il Presidente ricorda all'Assemblea (già informata via mail) che ALESSANDRO MINELLI ha ricevuto la Medaglia Kowalewsky quale riconoscimento per i suoi studi in ambito evo-devo. Comunica inoltre che CARMELO RAPISARDA è stato recentemente eletto, per il quadriennio 1° gennaio 2026 - 31 dicembre 2029, quale membro dell'Executive Committee della International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC), West Palaearctic Regional Section, con la specifica carica di Tesoriere. Infine, il Presidente comunica che RITA CERVO il 25 giugno scorso è stata eletta Presidente della Società Italiana di Etologia (SIE) per il prossimo quadriennio (2025-2029). Infine, ci è stato comunicato che DONATO GRASSO è stato eletto nel Consiglio Direttivo UZI e SIMONA BONELLI nella Commissione Fauna dell'UZI.

3) Pubblicazioni dell'Accademia

Il Presidente 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.

In particolare, comunica che il volume sulla Morfologia e fisiologia degli insetti è quasi pronto, quello sull'Entomologia Urbana e merceologica sta completando la parte iconografica e altri volumi sono in stato di avanzamento.

4) Consegna dei diplomi ai nuovi Accademici Ordinari e dei diplomi rimasti in giacenza

Il Presidente consegna i diplomi ai seguenti accademici:

- Ordinari: E. CONTI, L. DAPPORTO, S. VANIN;
- Onorari: X. BELLÉS.

5) Fauna d'Italia

Su richiesta del Presidente dell'ANIE, prende la parola l'Accademico prof. MARCO A. BOLOGNA, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, relazionando sulle attività del CSFI. Prende la parola il Presidente del CSFI, MARCO A. BOLOGNA che riferisce sulle attività ultimamente svolte.

1. Volumi della Fauna d'Italia. Al momento attuale, due volumi sono in composizione avanza e prossimi alla stampa, rispettivamente entro dicembre 2025 e febbraio 2026. Il primo è il volume di EMILIO BALLETO, SIMONA BONELLI, LEONARDO DAPPORTO, FRANCESCA BARBERO (membri dell'Accademia) e LUCA CASACCI su Lepidoptera Papilionoidea II (vol. 55), per il quale anche le ultime figure mancanti sono state inviate e composte dall'Editore. Il volume è sostanzialmente

terminato e vedrà una prefazione del CSFI che spiega la continuità della collana dopo il cambio di casa editrice. Per il secondo volume, di FAUSTO PESARINI, Hymenoptera Symphyta II (vol. 56), è stato composto in tutta la parte di testo ed in parte delle figure. La composizione verrà completata appena pubblicato il volume 55. In una sua riunione, il CSFI ha rivisto la effettiva condizione di elaborazione dei prossimi volumi dal 2026 al 2028. Si è avuto conferma della consegna entro dicembre 2025, del volume su policheti sabellidi di ADRIANA GIANGRANDE e coll. Per quanto riguarda il volume sui condroiti di FABRIZIO SERENA e colleghi, la consegna è stata individuata nel mese di aprile 2026. Degli altri volumi in preparazione, da stampare dopo il 2026, si ha certezza dell'inizio del lavoro per alcuni: CERASA E. SOTTILE, imenotteri cinipidi; BATTISTON *et al.*, mantoidei; FONTANA *et al.*, dermatteri; STOCCHINO e SLUYS, tricladi. Per altri quattro vi è stata la rinuncia all'esecuzione da parte degli autori, per motivi personali, e di uno siamo ancora in attesa di conferma.

2. Aggiornamento della Checklist della Fauna d'Italia. È stato completato il lavoro di revisione, nella nuova piattaforma connessa a Lifewatch, della Nuova Checklist, integrando tutte le liste nuove, preparate dal 2022 ad oggi, con quelle vecchie. Un borsista del CSFI sta rivedendo degli errori emersi nell'integrazione dei due complessi di liste. Questo lavoro è coordinato dal collega MARCO OLIVERIO. Nel frattempo, sono stati pubblicati su "Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography", nuovi *datapaper*.

Il Presidente del CSFI ringrazia l'Accademia nazionale italiana di Entomologia per il sostegno economico alle sue attività editoriali che è stato investito nel pagamento del disegnatore per il volume sui sinfiti.

6) Programma definitivo delle Sedute per l'A.A. 2026:

Il Presidente comunica che le Adunanze del 2026 si terranno nelle seguenti date: 20-21 febbraio, 12-13 giugno e 20 e 21 novembre.

Il Presidente illustra il programma delle prossime Adunanze del 2026 e chiede conferma agli Accademici coinvolti nelle attività riguardo ai titoli che hanno anticipato e chiede indicazioni riguardo alle date in cui intendono effettuarle.

Le Tavole Rotonde proposte in programma sono:

- Tavola Rotonda proposta dagli accademici A. ALMA e M. MONTAGNA dal titolo "Insetti come olobionti? Il ruolo del microbiota negli insetti fitofagi";
- Tavole Rotonda proposta dall'accademico V. PALMERI dal titolo "Impiego di nanotecnologie per il controllo dei fitofagi";
- Tavola Rotonda proposta dall'accademico S. SIMONI dal titolo "Metodi di monitoraggio".

Il Presidente chiede ai proponenti delle Tavole Rotonde di accordarsi tra di loro riguardo alle date in cui intendono organizzarle e di darne comunicazione quanto prima alla segreteria.

Durante le adunanze del prossimo febbraio è prevista la Commemorazione dell'accademico MASSIMO OLMI deceduto 9/5/24 che sarà tenuta dall'accademico M. ZAPPAROLI e da S. SPERANZA.

Il Presidente comunica anche le letture che sono in programma per il 2026.

L'accademica S. BONELLI terrà una lettura dal titolo "La conservazione delle farfalle una sfida possibile?" il 21 febbraio 2026;

L'accademica L. BEANI terrà una lettura dal titolo "Xenos vespatum parassita delle vespe Polistes: manipolazione del comportamento, cambiamenti fisiologici e longevità dell'ospite" il 13 giugno 2026;

L'accademico S. SABBATINI terrà una lettura il 21 novembre prossimo per la quale comunicherà il titolo alla segreteria.

Rimangono da programmare per gli anni successivi le seguenti letture che sono state proposte da alcuni accademici:

L'accademico N. ISIDORO ha proposto una lettura dal titolo "Meccanismo di suzione e sistema sensoriale dell'apparato boccale di Philaenus spumarius (Hemiptera: Aphrophoridae)."

L'accademico M. CRISTOFARO ha proposto di tenere una lettura di cui deve inviare il titolo.

Il Presidente sollecita gli accademici ad inviare nuove proposte di Tavole Rotonde e di letture alla segreteria entro la fine dell'anno, in quanto, queste informazioni sono necessarie per la compilazione della richiesta di finanziamento al MIBAC.

Infine, il Presidente comunica che, nella primavera del 2026, saranno organizzate, nell'ambito delle attività dell'Accademia, due scuole indirizzate principalmente alla formazione di studenti di dottorato: la Summer School in Chemical Ecology che si terrà a Palermo e sarà organizzata dagli accademici S. COLAZZA e E. PERI; la Scuola per l'Analisi dei dati che si terrà a Padova e sarà organizzata dall'accademico L. MARINI.

Chiede la parola l'accademico S. VANIN per comunicare che verrà ripetuta la scuola di ditterologia da lui organizzata e patrocinata dall'ANIE.

7) Varie ed eventuali

L'accademica L. ZAPPALÀ chiede la parola per complimentarsi con la riuscita del XVI PhD Annual Meeting e per suggerire di collegarlo al progetto ERASMUS in modo da avere risorse per la mobilità dei partecipanti stranieri.

Il Presidente fa notare che, per esperienza, è spesso difficile ottenere la collaborazione per organizzare tali eventi ma che, sicuramente, si tratta di un buon suggerimento che vale la pena tentare di percorrere se qualcuno si prende l'impegno di occuparsene.

SEDUTA PUBBLICA - ore 10.00

Lettura: "The evolution of insect metamorphosis" da parte dell'Accademico XAVIER BELLÉS.

Commemorazione dell'Accademico ORESTE TRIGGIANI da parte di EUSTACHIO TARASCO.

ASSEMBLEA ORDINARIA

Presiede il Presidente Prof. Francesco PENNACCHIO

Segretario verbalizzante: la Segretaria Prof. ssa Rita CERVO

Sabato 15 novembre 2025 alle ore 11:00, a Firenze Cascine del Riccio, via Lanciola 12/A e su piattaforma ZOOM <https://unipd.zoom.us/j/88598255825>, come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Ordinaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: A. BINAZZI, P. BRANDMAYR, M. COBOLLI, S. LONGO, S. MAINI, C. MALVA, B. MASSA, L. MASSUTTI, A. MINELLI, R. NANNELLI, G. NUZZACI, S. RAGUSA DI CHIARA, M. SOLINAS;

Ordinari: A. ALMA, P. AUDISIO, A. BALLERIO, C. BANDI, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, R. CERVO, S. COLAZZA, E. CONTI, L. DAPPORTO, E. DE LILLO, M.C. DI GIGLIO, A. DI PALMA C. DUSO A.M. FAUSTO, F. FRATI, G. GARGIULO, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, S. VANIN, M. ZAPPAROLI;

Onorari: R. DALLAI.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. MAZZINI, L. SANTINI;

Ordinari: M. CRISTOFARO, I. FLORIS, R. POGGI, L. TAVELLA.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

Viene esaminato il verbale della Seduta Ordinaria del 17 giugno 2025, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

Il Presidente informa l'Assemblea che è arrivata ufficialmente la comunicazione che il Ministero ha concesso all'Accademia un contributo di €. 8.439,71.

Il Presidente chiede all'Assemblea una variazione dell'O.g. per anticipare al punto 3 la votazione del nuovo CdP. La variazione dell'O.g. viene approvata all'unanimità.

3) Votazione per l'elezione del Consiglio di Presidenza

Il Presidente constatato che l'Assemblea è nelle condizioni di poter deliberare, essendo presente, come previsto dallo Statuto, la maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari invita l'Assemblea a passare alle votazioni a scrutinio segreto. Prima dell'inizio della votazione, vengono designati gli Accademici C. RAPISARDA e S. COLAZZA quali scrutatori per questa e per le altre votazioni previste per la presente seduta.

a) Votazione per la carica di Presidente.

Viene portata in votazione a scrutinio segreto la votazione per la carica di Presidente. L'Accademico A. BATTISTI raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Andrea BATTISTI Presidente dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

b) Votazione per la carica di Vice Presidente.

Viene portata in votazione a scrutinio segreto la votazione per la carica di Vice Presidente. L'Accademico P. ROVERSI raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Pio Federico ROVERSI Vice Presidente dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

c) Votazione per la carica di Segretario.

Viene portata in votazione a scrutinio segreto la votazione per la carica di Segretario. L'Accademico M. BIONDI raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Maurizio BIONDI Segretario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

d) Votazione per la carica di Tesoriere

Viene portata in votazione a scrutinio segreto la votazione per la carica di Tesoriere. L'Accademico R. NANNELLI raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Roberto NANNELLI Tesoriere dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

e) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la carica di revisore dei conti

L'Accademico S. TURILLAZZI raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Stefano TURILLAZZI revisore dei conti effettivo dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

L'Accademico L. DAPPORTO raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Leonardo DAPPORTO revisore dei conti effettivo dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

4) Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Ordinari

A norma dello Statuto allora in vigore (Articoli 12 e 13) e del Regolamento (Articolo 7), a fronte di 7 posti disponibili per Accademico Ordinario, sono pervenute, entro il 30 aprile 2025, 2 proposte per nuovi Accademici Ordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2025.

Le 2 proposte pervenute per nuovi Accademici Ordinari riguardano gli Accademici Straordinari:

– SAURO SIMONI (proposto da A. DI PALMA, E. DE LILLO, P.F. ROVERSI)

– HARALABOS TSOLAKIS (proposto da S. RAGUSA, G. NUZZACI, A. RUSSO)

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

- a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario SAURO SIMONI. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario E. DE LILLO illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama SAURO SIMONI eletto e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.
- b) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario HARALABOS TSOLAKIS. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario S. RAGUSA illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. Il Candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama HARALABOS TSOLAKIS eletto e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.

5) Votazione per l'elezione degli Accademici Straordinari

A norma dello Statuto allora in vigore (Articoli 12 e 13) e del Regolamento (Articolo 7), a fronte di 5 posti per Accademico Straordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2025 le seguenti 3 proposte per nuovi Accademici Straordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2025.

- ANTONINO CUSUMANO Proposto Da E. CONTI, A. LUCCHI, S. COLAZZA;
- DAVID BARACCHI proposto da S. TURILLAZZI, R. DALLAI, F. FRATI;
- GIANLUCA TETTAMANTI proposto da G. GASPERI, A. P. GARONNA, A. BATTISTI;

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

- a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di ANTONINO CUSUMANO. Come previsto dall'Articolo 4.9, dell'attuale Statuto, l'Accademico Stefano COLAZZA illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, ANTONINO CUSUMANO Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.
- b) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di DAVID BARACCHI. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Stefano TURILLAZZI illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, DAVID BARACCHI Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.
- c) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di GIANLUCA TETTAMANTI. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Andrea BATTISTI illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 dell'attuale Statuto, di GIANLUCA TETTAMANTI Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2026-2028.

6) Votazione per la conferma degli Accademici Straordinari in scadenza:

- A norma dello Statuto (Articoli 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. 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 per acclamazione la conferma dell'Accademico Straordinario LUCA BARTOLOZZI. Il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
- Viene portata in votazione per acclamazione la conferma dell'Accademica Straordinaria FRANCESCA ROMANA DANI. Il Presidente la conferma Accademica Straordinaria.
- Viene portata in votazione per acclamazione la conferma dell'Accademico Straordinario LORENZO MARINI. Il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.
- Viene portata in votazione per acclamazione la conferma dell'Accademico Straordinario EZIO PERI. Il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.

7) Esame e approvazione del Bilancio preventivo a. f. 2026.

Prende la parola l'Accademico Roberto NANNELLI, in qualità di Tesoriere dell'Accademia, illustrando il bilancio di previsione per l'a.f. 2026.

8) Varie ed eventuali

Il Presidente ringrazia gli Accademici presenti per la loro partecipazione alle operazioni di voto per il nuovo Consiglio di Presidenza. Rivolge, inoltre, a nome dell'intero Consiglio di Presidenza, un ringraziamento a tutto il Corpo Accademico per il supporto ricevuto durante i due mandati in cui si è avuto l'onore e la responsabilità di guidare l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, vivendo un processo di crescita condiviso che certamente continuerà, con immutato spirito e vigore, sotto la guida del nuovo Consiglio di Presidenza, a cui vanno le più calorose congratulazioni e auguri di buon lavoro. Intervengono alcuni accademici (tra i quali A. RUSSO, R. DALLAI) per congratularsi per l'esito delle votazioni e per ringraziare il Consiglio di Presidenza uscente per il loro svolto negli ultimi sei anni.

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 13.00.

Firenze, 15 novembre 2025

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

COMMEMORAZIONE

VALERIO SBORDONI (1942-2024)

VINCENZO VOMERO

Già direttore Musei Scientifici della Sovrintendenza di Roma Capitale

Presidente Associazione Romana di Entomologia

v.vomero@museiscientificiroma.eu

Commemorazione tenuta nella Seduta Pubblica dell'Accademia, Firenze, 22 febbraio 2025.

Valerio Sbordoni

dieci, cento, mille facce della biodiversità



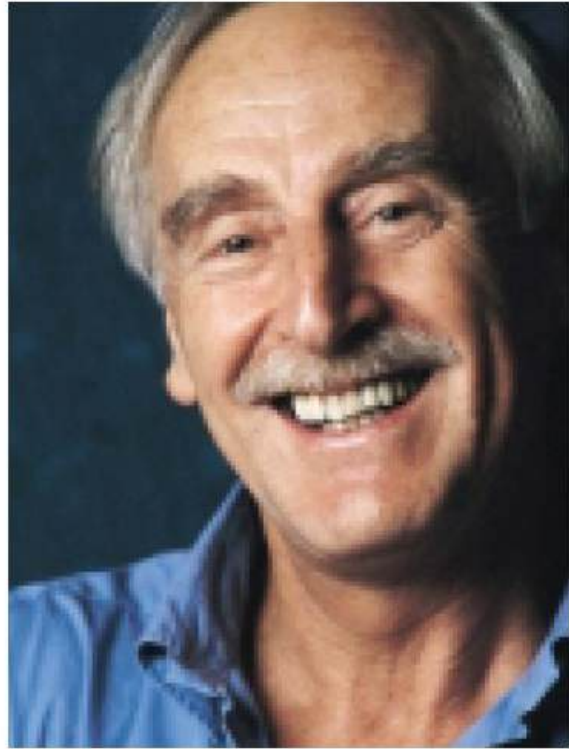
Ad una figura così poliedrica come quella di Valerio Sbordoni poco si attaglia un necrologio o un ricordo anche se ben illustrato.

Molto meglio, anche per ricordarlo come a lui sarebbe piaciuto, anche una impaginazione diversa ed una grafica adeguata al suo estro ed alla sua vitalità che così abbondantemente ha profuso nella ricerca scientifica, nella vita e nei rapporti con le infinite persone che gli hanno voluto

bene. Ecco allora il motivo di questa mia presentazione “impertinente” che l’austerità dell’Accademia mi vorrà perdonare e concedere.

E allora partiamo subito

Valerio, una vita spesa con passione, con immensa capacità e sempre aperta al nuovo



Parlare al passato di Valerio Sbordoni è veramente imbarazzante.

Parlare al passato di uno di noi che è stato il simbolo indiscusso della dinamicità e della azione di quella che è la “nostra” ricerca scientifica, una ricerca molto, molto particolare e permeata di tutto

si, certamente il laboratorio, ma prima il lavoro sul campo, l'esplorazione, l'avventura, il pericolo, e poi l'accademia, la comunicazione e anche, spesso, il primato ...

... parlare di un uomo che è stato il simbolo dello sprone al fare, dell'impresa, dell'avanguardia, della ricerca più attuale e, allo stesso tempo, della necessaria considerazione della storia, della classicità e della tradizione.

Bene, parlare di un uomo così poliedrico mi dà un senso di inadeguatezza appena cerco di fare un paragone con quello che ho fatto io nella mia vita.



Quando poi considero che tutti i suoi studi, Valerio ha sempre cercato di finalizzarli e incastonarli nell'attualità della ricerca più avanzata e nelle necessità ormai impellenti di capire prima come è fatto il mondo e poi cosa si può fare per conservare la vita sulla terra, allora ti convinci che una vita così vissuta è insensato spegnerla.



**E invece si è spenta
il 6 febbraio 2024**



Vederlo immobile, addormentato per sempre, è stato per me inconcepibile. In poco più di un minuto mi è passata davanti agli occhi la sua vita come nel "trailer" di un film, un film che è durato ottant'anni e al quale io stesso ho partecipato per quasi sessant'anni una vita!

Un film che vorresti sempre vedere come continua, come in un sequel.



Valerio nasce in una famiglia di professionisti; qui in braccio al padre e con la sorella Iannella. Il nonno, grande ingegnere, progettista di manufatti pregevoli della Capitale



appassionato di cucina di buoni vini e, fin da piccolo, pianista eclettico e fisarmonicista. Notevoli le sue capacità di suonare splendidi pezzi blues e jazz, funky e rock



con Marina Cobolli, sua grande moglie, con la sua amatissima figlia Claudia e con il suo «piccolo» Noè, arrivato tardi ma curioso come lui per le cose della natura.

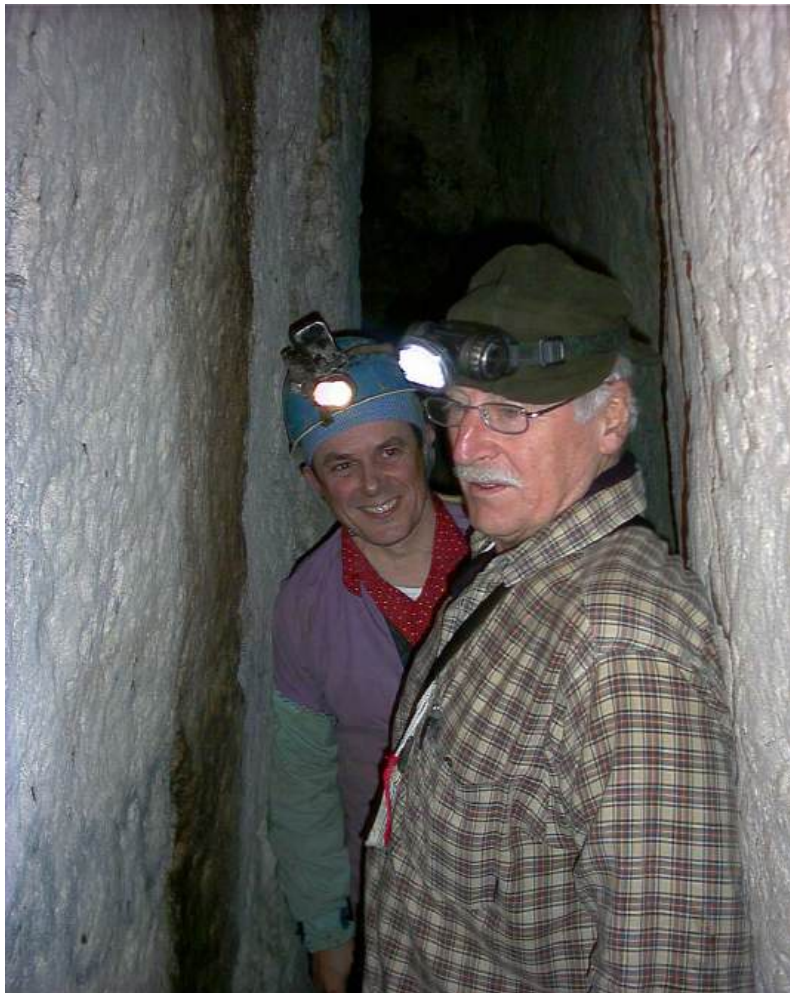


... e la natura, in tutte le sue forme
ha accompagnato Valerio
da sempre e per sempre.

La passione iniziale, la speleologia, iniziata nello storico Circolo Speleologico Romano ospitato negli scantinati del Museo Civico di Zoologia di Roma.



Qui, tre compagni di
avventure speleologiche,
a destra un giovanissimo
Stefano Gambari,
fortemente legato a Valerio
fino alla fine.



Eccolo nello storico sodalizio del Circolo Speleologico Romano di cui Valerio è stato poi presidente amatissimo di quella banda di scapigliati che sono e continuano ad essere gli speleologi.



..... e contemporaneamente l'entomologia.

Valerio e il retino entomologico si può dire che siano nati insieme



... ovunque a raccogliere o a campionare, seguito molto spesso dalla moglie Marina, che , per inciso, gli ha regalato sempre tutto il suo aiuto incondizionato, ad ogni costo e nei modi più disparati



In quegli anni giovanili si inserì immediatamente nelle fila della **Associazione Romana di Entomologia**, una vera fucina di giovani entomologi. E proprio sulle pagine del Bollettino dell'ARDE pubblicò il suo primo lavoro scientifico.



1962 - 1964



V.Sbordoni. 1962. Reperti: n.8. *Parnassius mnemosyne* L. (Lep.Papilionidae), n.9. *Anthocaris euphenoides* Sdgr. (Lep. Pieridae), n.10. *Gegenes pumilio* Hoffm. (Lep. Hesperidae). Boll. Ass. Romana Entom., 17: 11.

V.Sbordoni. 1963. Reperto n.4. *Zerynthia hysiphyle* Schulz. (Lep. Papilionidae). Boll. Ass. Romana Entom., 18: 11.

V.Sbordoni. 1963. Note Chiroterologiche. Sulla presenza di *Plecotus wardi* Thomas e di *Plecotus auritus* (L.) in Campania. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 9: 26.

V.Sbordoni. 1963. Sulla presenza di *Boloria pales* Schiff. nei monti Sibillini. Considerazioni tassonomiche intorno a *Boloria pales mediotatica* Tur. (Lep. Nymphalidae). Boll. Ass. Romana Entom., 18: 35-38.

V.Sbordoni. 1964. *Colutea arborescens* pianta alimentare di *Syntarucus pithous* (L.) (Lep. Lycaenidae). Boll. Ass. Romana Entom., 19.

E poi via negli sterminati campi della scoperta della vita in tutti i suoi mirabolanti aspetti alla scoperta dei fatti di quel meraviglioso fenomeno che chiamiamo evoluzione e che ancora oggi non ci ha svelato tutto.

E qui Valerio è stato insuperabile e assolutamente capofila tra noi giovani «boomer» naturalisti romani

Da dove iniziare?
Per quanto riguarda me,
certamente dai quasi
sessant'anni
di amicizia, di interessi
e di collaborazione,
a iniziare dagli anni '60/70
con le nostre
frequentazioni continue
nell'Associazione Romana
di Entomologia
che oggi mi onoro
di presiedere.



.... e poi il lavoro nell'allora Istituto di Zoologia dell'Università di Roma a "Sapienza", gettando le basi per la formazione di quel gruppo di Zoologi a tutto tondo che formarono quella che poi divenne la

«scuola zoologica romana»

Qui una rara fotografia del Congresso dell'Unione Zoologica Italiana a Roma. Paolo Brignoli (con gli occhiali scuri), un giovanissimo Augusto Vigna Taglianti, e poi Valerio «il biondino» e infine Enrico Migliaccio.



Ritrovato poi “assistente” in un Istituto di Zoologia, diretto da Pasquale Pasquini, nel quale la zoologia e l’entomologia che piace a noi era ancora mal sopportata in un contesto tutto rivolto alla fisiologia ed all’embriologia sperimentale.

E poi porta a porta a Sapienza assieme alla “crème ” della ricerca entomologica dell’epoca. Un quintetto d'eccezione Valerio Sbordonì, Augusto Vigna Taglianti, Paolo Marcello Brignoli, Roberto Argano, Marina Cobolli e Vezio Cottarelli

..... impegnati, in quello storico Istituto che fu di Zavattari, in discussioni senza fine fino a notte inoltrata, sul concetto di specie e sulle nascenti scuole tassonomiche, sui nuovi venti della filogenesi, della biogeografia, dell'ecologia ... dell'evoluzione.

In quell’ Istituto, come dicevo, tutto dedito all’embriologia sperimentale, lavorava però, un unico «professore capostipite» che era entomologo, Carlo Consiglio. Carlo, prese sotto le sue ali quei quattro o cinque tassonomi di belle speranze che iniziarono, però, immediatamente a volare da soli e volarono alto, molto alto.



Maggio 1972: inaugurazione nuovo Istituto di Zoologia di Roma



Ed ecco
formata la
originaria
gloriosa
scuola
zoologica
romana



... scuola romana
creatasi anche
grazie ad un
catalizzatore
potente di nome
Sandro Ruffo
che, proprio con
i giovani romani,
fu il capostipite
delle ricerche
faunistiche
appenniniche e
non solo e, di
sicuro, uno dei
promotori
nazionali delle
neglette
ricerche su
tassonomia e
sistematica



Iniziarono così tante spedizioni zoologiche: ricordo solo quelle sull'Appennino, in Grecia ed in Turchia, storiche furono poi le prospezioni faunistiche alle Isole Ponziane che furono per noi una palestra dove ci facemmo tutti le ossa,



Da quella scuola spuntarono tanti entomologi, e non solo entomologi, un vero stuolo. Quelli della prima ora che comprendevano tra gli altri



Saverio Forestiero



Mauro Rampini



Elvira de Matthaeis



Carlo Belfiore



Gianmaria Carchini



Carlo Utzeri

.... e me stesso

e poi da quella stessa scuola spuntarono, per gemmazione, persone come



Marco Bologna



Paolo Audisio



Giuseppe Carpaneto



Marzio Zapparoli



Marco Oliverio



Maurizio Biondi



Leonardo Latella

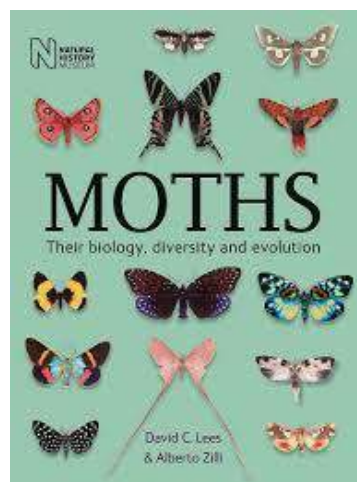


Romolo Fochetti

e tanti altri valorosi entomologi e ricercatori che spesso, dopo una fisiologica diaspora, hanno colonizzato poi tante istituzioni di ricerca generando, con una reazione a catena, altre fortunate gemmazioni che oggi sono sotto gli occhi di tutti.



Un discorso completamente a parte merita Alberto Zilli, già Senior Curator dei "Lepidoptera" al Natural History Museum di Londra che ha avuto la fortuna/sfortuna di occuparsi di farfalle come Valerio. Tra noi era di sicuro quello che aveva più possibilità di mettere in discussione, e se necessario, contrastare le sue idee.



In quell'epoca Valerio si interessava anche di tassonomia di coleotteri pselafidi endogeï e di «baticcini» (oggi Cholevidae) con la collaborazione strettissima di Mauro Rampini



Ma questo era solo l'inizio e la storia andò avanti con forza. In ognuno di questi giovani entomologi e non solo, scavando bene, si può ritrovare traccia di un imprinting sbordoniano che, detto in poche parole, consiste nella coesistenza in una stessa persona dell'ardore e della passione del tassonomo, morfologo e «collezionista», dello spirito di avventura con gli stivali sporchi di fango negli ambienti più impervi del Pianeta e, contemporaneamente, di una ricerca di laboratorio di assoluta eccellenza, sempre!



Mentre questi inizi avevano una sex ratio tutta sbilanciata verso i maschi, era cresciuta nell'Istituto di Zoologia a Sapienza, una nuova schiera di allievi con un riequilibrio dei sessi. Si era formato, infatti, un gruppetto di quattro ragazze, in particolare quattro studentesse che mi furono consegnate da Roberto Argano e da Valerio Sbordonì perché le instradassi verso gli Acari liberi e parassiti. Con loro lavorammo sugli acari del suolo ... grande passione e interesse che andò via via crescendo finché furono catturate poi da Marina Cobolli, da Valerio, e da Roberto Argano che abitavano tutti gli stessi laboratori a Sapienza. Si andarono delineando, così, nuove leve fino alla composizione di un gruppo solido e articolato formato da fortissime personalità che sono state dapprima il braccio destro di Valerio ma che poi hanno raggiunto, in autonomia, alte vette di ricerca, ciascuna nel suo campo di specializzazione

Gisella Caccone Donatella Cesaroni Fabiola Baldari Giuliana Allegrucci



tutte e quattro seguirono poi Valerio a Tor Vergata con altri nuovi e vecchi allievi



Gabriele Gentile



Marco Mattoccia



Paolo Gratton



Marco Lucarelli



Emiliano Trucchi

Quando penso o parlo di Valerio mi si accendono nella mente mille flash disordinati che scorrono come in un film.

Sono solo alcuni dei mille fotogrammi della sua vita, tutti conditi, sempre, da un innato spirito di avventura sportiva, cerebrale e fortemente emotiva.

Impossibile trattarli tutti in mezz'ora. Lo farò solo elencandoli come keywords.



farfalle,
baticcini,
Isole Ponziane,
grotte temperate e tropicali,
Dolichopoda,
Zigene e mimetismo,
Amata phegea,
marcaggi e ricatture,
Mac Arthur & Wilson,
il vecchio Istituto di Zoologia a Sapienza,
concetto di specie,
evoluzione,
biogeografia,
elettroforesi,
DNA,

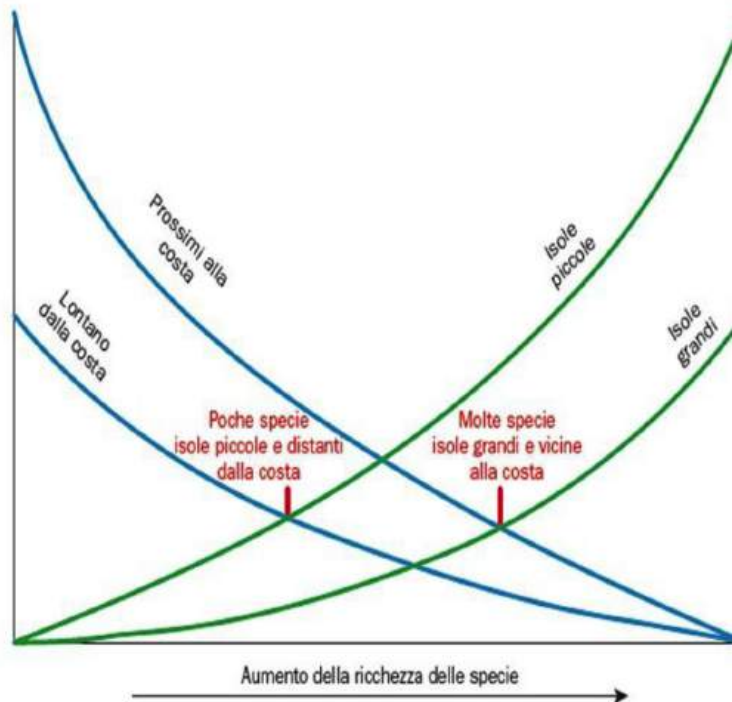


Isole circumsarde
Le spedizioni lincee in Messico
la colonizzazione di Tor Vergata
pesci ciechi
acquacoltura
WWF
studenti, allievi e dottorandi in quantità
biodiversità, in tutti i sensi
Osservatorio faunistico e censimenti
Network Nazionale Biodiversità
Musei e collezioni naturalistiche
Accademia delle Scienze
Citizen Science



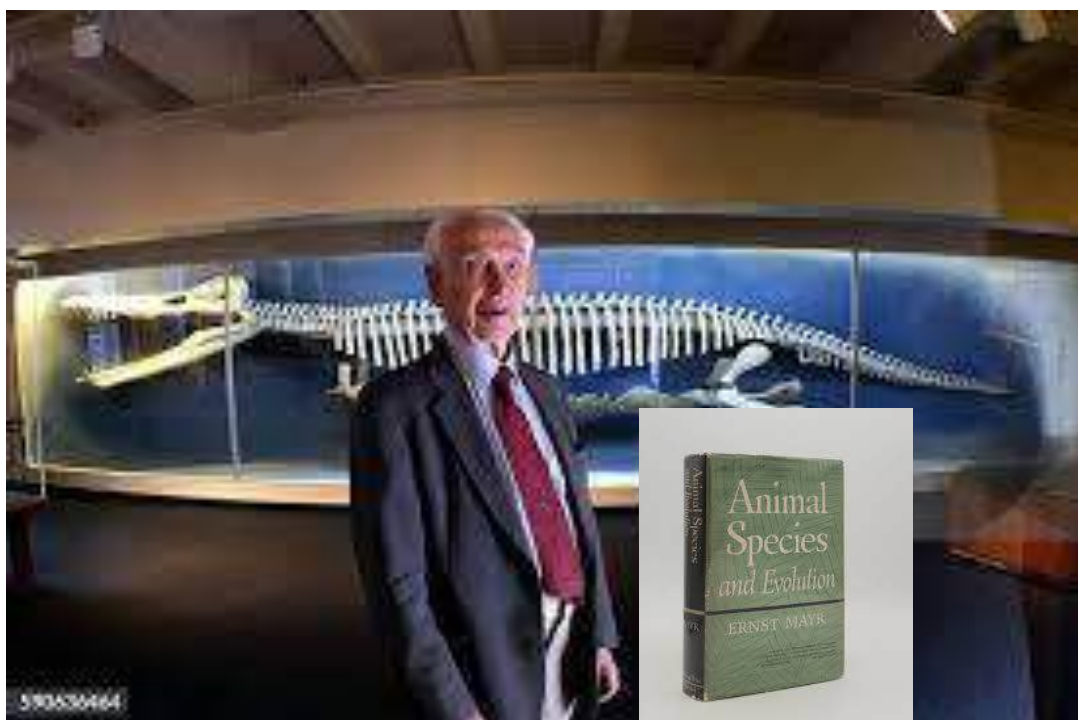
.... e non sono certo tutti,
accenno qui di seguito ai tre argomenti
che mi hanno segnato a vita in modo particolarmente
forte e che Valerio soleva usare come base delle nostre infinite discussioni

1. Mac Arthur & Wilson e la biogeografia insulare

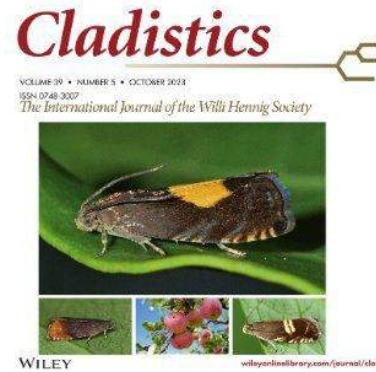
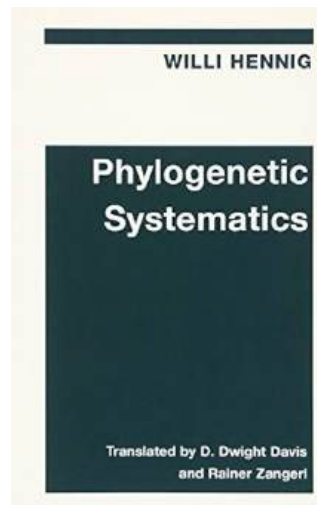
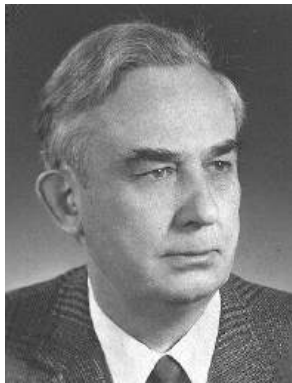


fino alla "biogeografia storica e biogeografia isterica"

2. Concetto di specie, Ernest Mayr



3. Willy Hennig e la cladistica



Valerio ci fu guida e compagno di avventure, di esplorazioni, di ricerche e di raccolta in spedizioni naturalistiche in varie parti del mondo e per me fu indiscusso “maestro”, pur essendo più vecchio di me di solo pochi anni.

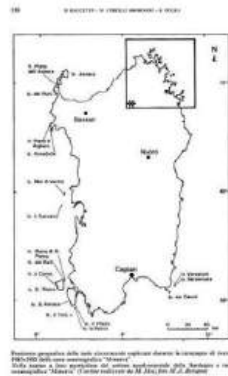
Eccolo qui con Augusto Vigna Taglianti in Turchia e in una serie infinita di missioni faunistiche nel Vicino e Medio Oriente



tutte meticolosamente programmate con Augusto e con il variegato gruppo di giovani e meno giovani zoologi e speleologi, non solo romani, che riempirono poi di risultati eclatanti le pagine di *Fragmenta Entomologica*.



Qui sulle Motonavi CNR
Minerva, Marsili e Bannok
nel mediterraneo e in
particolare verso le
isole circumsarde



missioni tutte gestite
su forte impulso di
Baccio Baccetti



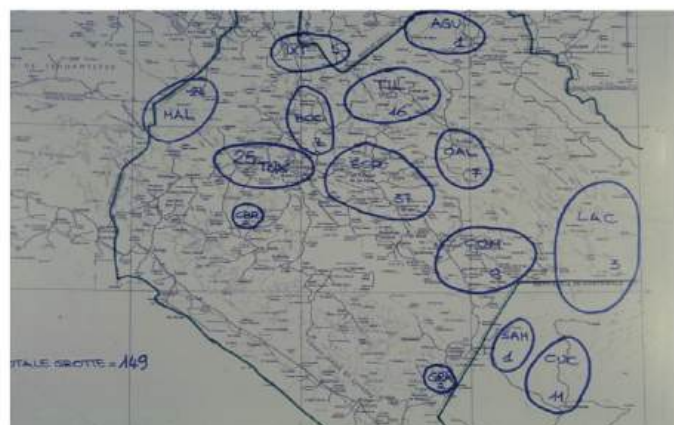
che spinse tanti zoologi terrestri in mare!



e poi in Malesia e
in decine di località
tropicali e poi di
alta e altissima quota



e le produttive spedizioni italiane dell'Accademia Nazionale dei Lincei
in America Centrale, Messico, Chiapas, Selva del Mercado
in un mix di esplorazione e ricerca scientifica in tantissimi
hot spot di biodiversità tropicale





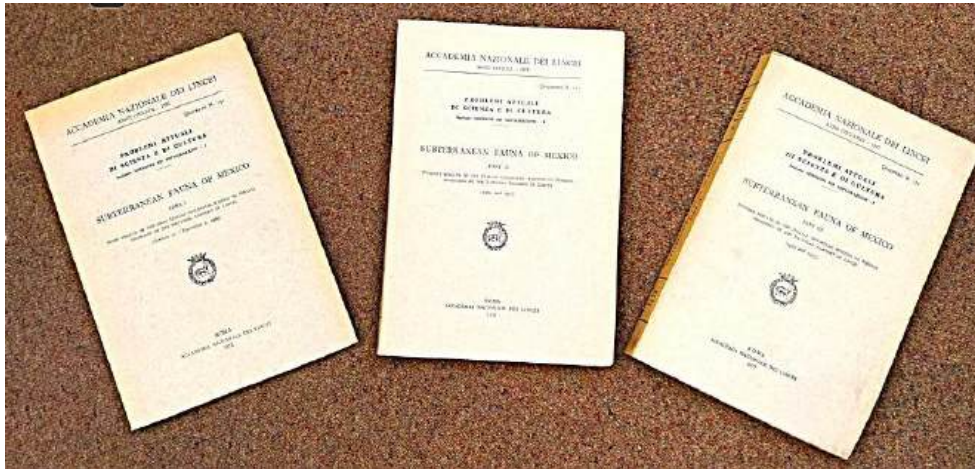
Un grandissimo numero di spedizioni, "Subterranean Fauna of Mexico", svolte nel corso di più di una decina d'anni, divenute ormai storiche punte di diamante della ricerca zoologica italiana in Centro America, che videro la partecipazione di un gran numero di speleologi e zoologi, me compreso



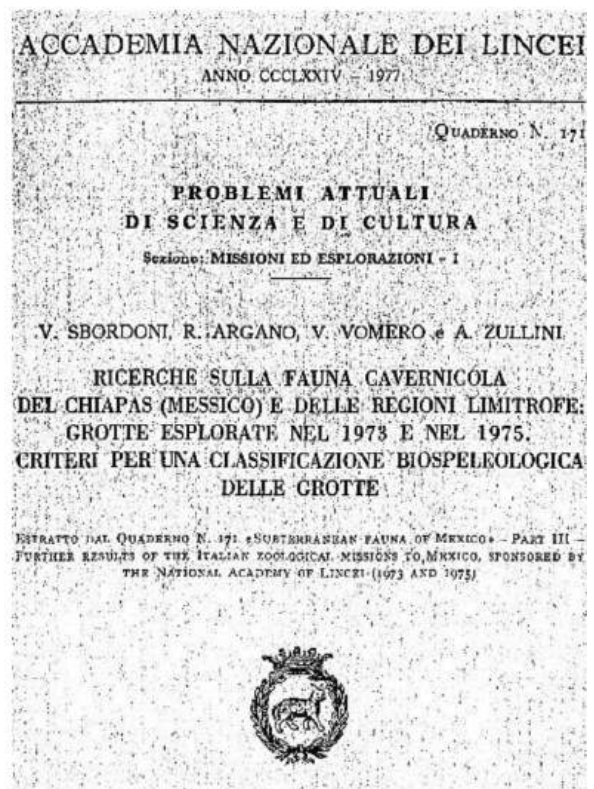
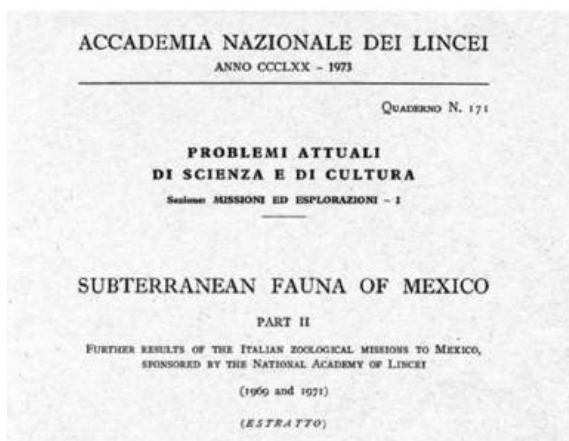
e che portarono alla scoperta di nuove faune troglobie, totalmente sconosciute alla scienza, che vivono in ambienti estremi con incredibili specializzazioni anatomiche e fisiologiche.



I risultati delle spedizioni lincee in Messico su tre volumi dei Lincei



e su tre numeri monografici del Notiziario del CSR



Alice, nonno Valerio e il *Mayaphaenops*

(mi telefona Alice)

- *Vincenzo, mi mostri quel bacarozzetto che avete scoperto in Messico e che ha il nome di nonno?*
- *Sì certo, Alice! Vuoi fare l'entomologa?*
- *no, voglio farmelo tatuare sul braccio.*



(e Alice lo ha fatto!)

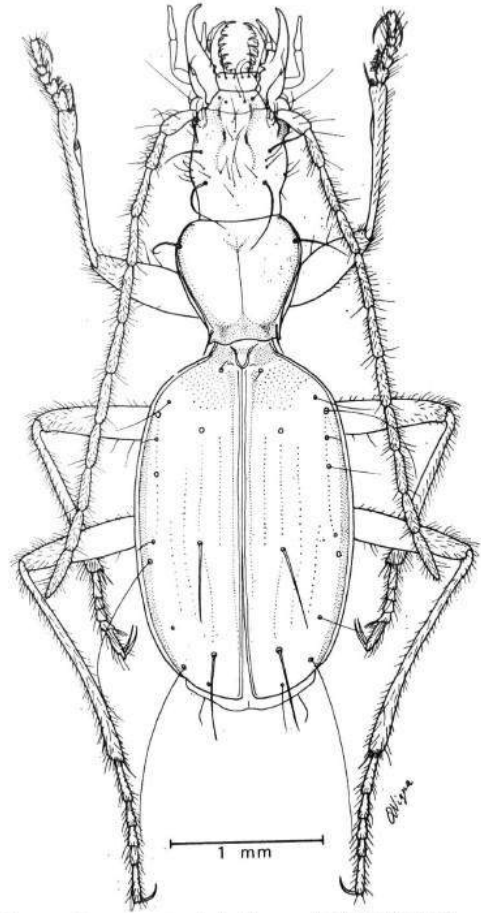


Fig. 3. - *Mayaphaenops sbordonii* n.sp., holotypus: habitus.

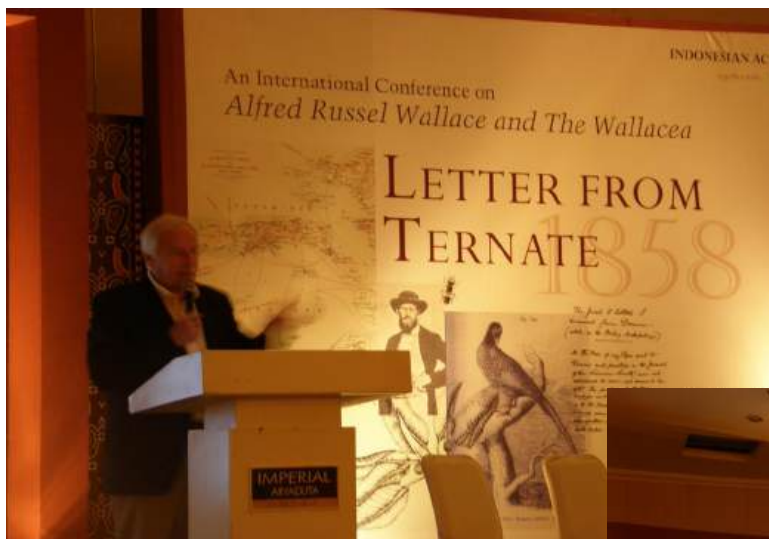
E poi spedizioni in Tibet e su tanti altri imponenti sistemi montuosi da record



Nelle Filippine, a Cebu



Felice per l'invito a Ternate a parlare di Alfred Russel Wallace,
suo grande «mito»



Ternate e la linea di Wallace

E come non ricordare una vita intera dedicata alla SIB



Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, Nuova Serie 4 (3-4) (2023): 165-166.

Qui i tre presidenti, Baccetti, Sbordoni e Peruzzi, il congresso della svolta e la modifica della linea grafica della Rivista e, infine, il premio Sbordoni.

IL PREMIO VALERIO SBORDONI
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI BIOGEOGRAFIA

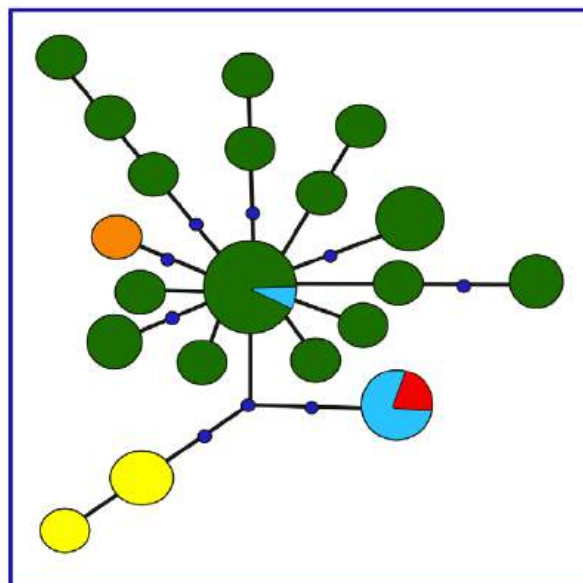
Per ricordare e celebrare la figura di Valerio Sbordoni (1942-2024), già Presidente e per molti anni animatore della Società Italiana di Biogeografia, socio onorario dell'ANMS, naturalista, evoluzionista, entomologo e biogeografo, la SIB ha istituito un premio per la migliore tesi magistrale o di dottorato in ambito biogeografico. Il pre-



Valerio aveva interessi ampi e si è interessato di tante cose, allargando il suo panorama di lavori anche ad altri organismi, come pesci, anfibi e vari altri insetti, oltre a *Dolichopoda*

E' stato tra i primi a proporre un approccio evoluzionistico, mediato dalla genetica di popolazioni, a problemi di biogeografia, evoluzione, adattamento, con una novità anche di approcci analitici

I suoi principali interessi di ricerca hanno riguardato i numerosi aspetti della biodiversità a partire dalla struttura genetica delle popolazioni analizzata a diversa scale geografiche e con vari strumenti molecolari.



Suoi organismi prediletti comprendono i lepidotteri, ortotteri cavernicoli, coleotteri, pesci e crostacei di interesse economico e invertebrati antartici.



Ha usato marker molecolari e altri set di caratteri per studiare filogenesi, filogeografie e per migliorare la stima empirica dei parametri evolutivi quali valore selettivo, flusso genico e valutazione di eventi cladogenetici.

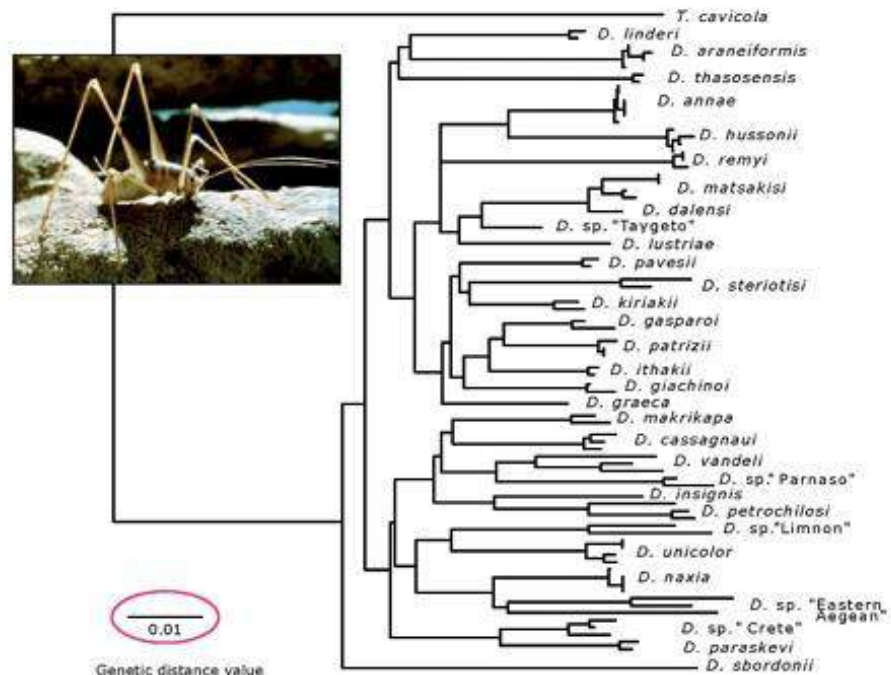
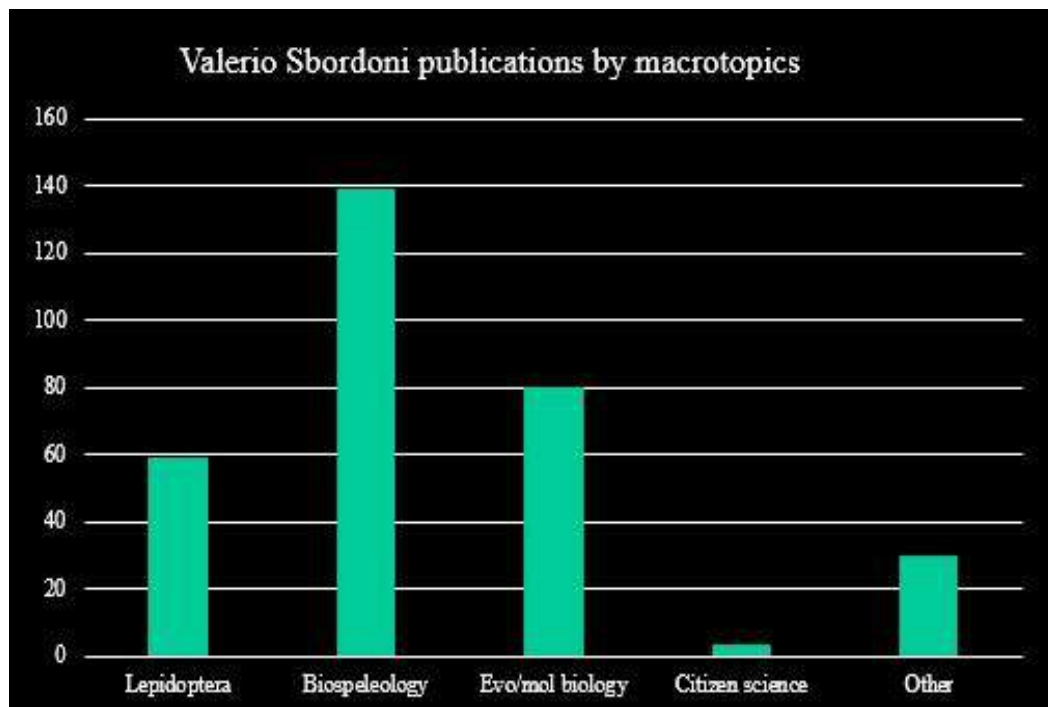
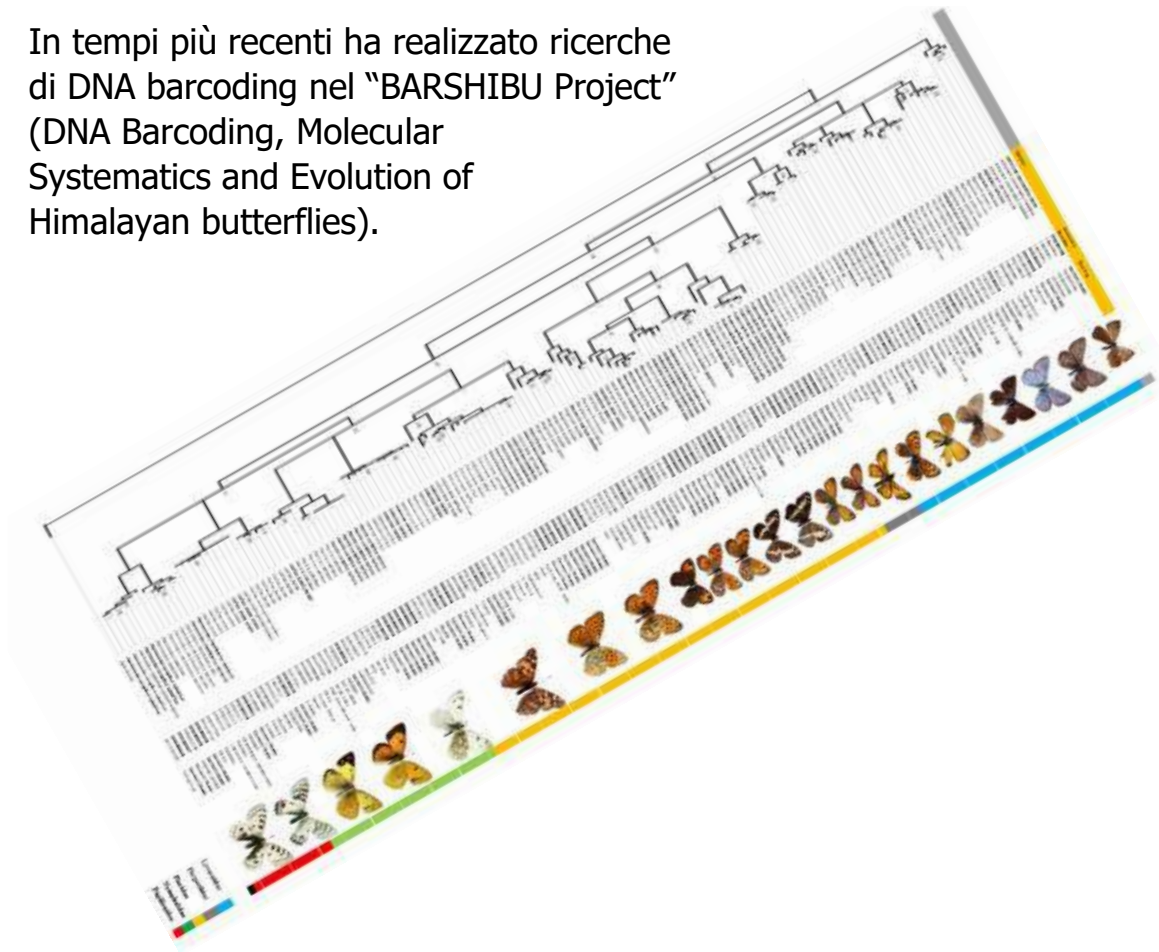


Fig. 3. Filogenesi molecolare degli ortotteri cavernicoli del genere *Dolichopoda* del Mediterraneo Orientale, basata su un tratto del gene mitocondriale COI. L'albero filogenetico è costruito con il metodo di neighbor-joining, dove la distanza genetica tra due taxa è misurata dalla somma della lunghezza dei rami che li riguardano. Anche in questo caso il DNA barcode si rivela uno strumento adeguato a discriminare le specie, come è evidente dalle distanze tra specie che risultano largamente superiori a quelle che separano popolazioni conspecifiche rappresentate dalle politomie terminali dei rami (dati da Allegrucci *et al.*, 2009).

In tempi più recenti ha realizzato ricerche di DNA barcoding nel "BARSHIBU Project" (DNA Barcoding, Molecular Systematics and Evolution of Himalayan butterflies).



53 nuove specie e tre nuovi generi a lui dedicati

L'ultimo lavoro di Valerio, pubblicato postumo e a lui dedicato

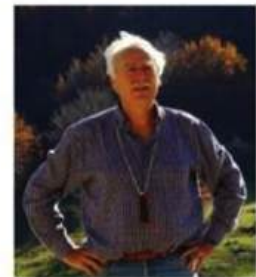


LA FAUNA
DELLA GRAVA DEI SERINI
ANNOTAZIONI DI BIOLOGIA
SOTTERRANEA E BIOGEOGRAFIA

LEONARDO LATELLA
(Sezione di Zoologia - Museo di Storia Naturale di Venezia - leonardo.latella@museo.venezia.it)
VALERIO SBORDONI
(Circolo Speleologico Romano, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL)

*A Valerio Sbordoni
uomo di scienza ed esploratore*

*A lui che fu tra i primi
a calcare i sentieri sotterranei
della Grava dei Serini
è dedicato questo libro*



6
CAPITOLO

Solo grazie alla cura e allo studio di quella immensa banca dati biologica che sono le sue grandi collezioni, il fine tassonomo che è stato Valerio ha potuto veleggiare così in alto nel campo della biologia evolutiva.



tassonomia tassonomia



tassonomia tassonomia



conservazione ... conservazione ... conservazione ... conservazione

Filogenesi Evoluzione Ecologia



Valerio concordava con me che la nostra mission principale dovesse essere proprio quella di far capire a tutti, proprio a tutti, l'evoluzione della vita.



Concludo questo mio ricordo di uno dei nostri più poliedrici uomini di scienza segnalando che ha usato ogni mezzo per comunicare alla gente i FATTI dell'evoluzione, e lo ha fatto utilizzando parole semplici e dirette, per parlare a tutta la gente che, al più, guarda la televisione e che legge di corsa i giornali.



è una fortuna che molti altri, potranno continuare il tuo lavoro sulla biodiversità per tendere ad un futuro diverso per la vita sulla terra e per noi stessi, un futuro che oggi chiamiamo «One Health»

... due immagini così diverse, ma
della stessa persona,
e in queste due immagini c'è gran
parte della biologia evolutiva
italiana....
Andiamone fieri



*grazie,
Valerio*

Valerio Sbordonì (nato l'11 gennaio 1942), professore ordinario di Zoologia all'Università di Tor Vergata (in pensione dal 2012). Dal 1980 al 1982 professore ordinario di Zoologia a Sapienza, Università di Roma; dal 1971 al 1980 assistente di Zoologia e Zoogeografia sempre a Sapienza. Insignito nel 1976 del Premio G.B. Grassi dell'Accademia Nazionale dei Lincei; medaglia d'Oro nel 1995 per le scienze fisiche e naturali dell'Accademia Nazionale delle Scienze; Rolex Award nel 1998 per *l'Enterprise for exploring the bottom side of biodiversity*. Membro dell'Accademia Nazionale di Entomologia dal 1986; membro dell'Accademia Nazionale delle Scienze "detta dei 40" dal 2009. Nominato vicepresidente e delegato alla cultura dell'Università di Tor Vergata dal 1999-2005). Eletto membro del board di numerose società scientifiche, tra le quali la *European Society for Evolutionary Biology*, l'*International Society of Subterranean Biology*, la Società Italiana di Biogeografia (Presidente), l'Unione Zoologica Italiana e la *Society for Molecular Systematics* (vice-president). Membro dello *Steering committee of the European Science Foundation network on Population Ecology and Genetics*; *advisory board of research* di istituzioni tra le quali il *Laboratoire Souterrain du CNRS*; Chairperson, *sectio Natural Populations*, *FAO World Expert on Aquatic Genetic Resources*. Componente dell'editorial board di numerose riviste internazionali tra le quali *Journal of Evolutionary Biology*, *Genetics*, *Selection*, *Evolution*; *Crustaceana*, *Biogeographia*, *International Journal of Speleology* (Editor in chief), *The Italian Journal of Zoology*, *Fragmenta Entomologica*, *Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia*; Socio della Società Entomologica Italiana dal 1962 e dell'Associazione Romana di Entomologia (dal 1962), della quale è stato eletto anche socio onorario nel 2022.

ELENCO PUBBLICAZIONI

(AGGIORNATO AL 2022)

1. V. Sbordonì. 1962. Reperti: n.8. *Parnassius mnemosyne* L. (Lep. Papilionidae). n.9. *Anthocaris euphenoides* Sdgr. (Lep. Pieridae). n.10. *Gegenes pumilio* Hoffm. (Lep. Hesperidae). Boll. Ass. Romana Entom., 17: 11.
2. V. Sbordonì. 1963. Reperto n.4. *Zerynthia hypsi-phyle* Schulz. (Lep. Papilionidae). Boll. Ass. Romana Entom., 18: 11.
3. V. Sbordonì. 1963. Note Chiropterologiche. Sulla presenza di *Plecotus wardi* Thomas e di *Plecotus auritus* (L.) in Campania. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 9: 26.
4. V. Sbordonì. 1963. Sulla presenza di *Boloria pales* Schiff. nei monti Sibillini. Considerazioni tassonomiche intorno a *Boloria pales* medioitalica Tur. (Lep. Nymphalidae). Boll. Ass. Romana Entom., 18: 35-38.
5. V. Sbordonì. 1964. *Colutea arborescens* pianta alimentare di *Syntarucus pithous* (L.) (Lep. Lycaenidae). Boll. Ass. Romana Entom., 19.
6. V. Sbordonì. 1965. Notizie su *Laelia coenosa* Hub. e rinvenimento della specie in Italia. (Lep. Lymantriidae). Boll. Soc. Entom. It., 95: 82-86.
7. V. Sbordonì. 1966. L'inghiottitoio di Camposecco: note descrittive e faunistiche. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 11: 3-6.
8. V. Sbordonì. 1966. Un nuovo *Paramaurops* endogeo dell'Isola di Zannone (Col. Pselaphidae). Arch. Zool. Ital., 51: 877-883.
9. V. Sbordonì. 1967. Un nuovo *Ptomaphagus* dell'Iran (Col. Catopidae). Fragm. Entomol., 4: 149-155.
10. V. Sbordonì. 1967. La biospeleologia e i suoi orientamenti. Estratto da: *Cultura e scuola*, n. 24 (ott.-dic. 1967), [206]-211.
11. V. Sbordonì. 1967. *Melitaea diamina* (Lang) in Lucania e alcune osservazioni sulla variabilità geografica della specie (Lep. Nymphalidae). Fragm. Entomol., 5: 123-131.
12. V. Sbordonì e N. Di Domenico. 1967. Una nuova specie cavernicola di *Duvalius* dell'Appennino centrale (Col. Carabidae). Fragm. Entomol., 5: 165-180.
13. V. Sbordonì, G. Marzolla, F. Pansecchi e F. Pedone. 1967. Su alcune ricerche speleologiche nel Matese e nel Cilento e note faunistiche. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 12: 3-16.
14. V. Sbordonì. 1967. I *Leptotyphlinae* delle Isole Ponziane (Col. Staphylinidae). Atti Accad. Naz. Ital. di Entomologia. Atti VII Convegno Naz. di Entomologia, Verona 1967: 131-133.
15. V. Sbordonì e N. Di Domenico. 1967. Una nuova specie cavernicola di *Duvalius* dell'Appennino centrale (Coleoptera, Carabidae). Fragm. Entomol., 5: 165-180. Coleotteri
16. B. Baccetti e V. Sbordonì. 1967. Prime osservazioni ultrastrutturali sull'organo antennale dei *Bathysciinae*. Boll. Zool., 34: 84-85.
17. V. Sbordonì e F. Pedone. 1968. Il Pozzo del Faggeto (N.343 La) nei Monti Lepini e la sua fauna. Rass. Speleol. Ital., 20: 235-242.
18. V. Sbordonì. 1969. La vita nelle grotte, Estr. da: *Enciclopedia della natura*, v. 4, col. 175-236, Roma, Casini.
19. R. Argano, M. Cobolli Sbordonì, V. Sbordonì. 1969. The Humidity responses of troglitic *Bathysciinae* (Coleoptera, Catopidae) at various degrees of specialization, 5 Internationaler Kongress für Speleologie, Stuttgart 1969. München, Verband der Deutschen Höhlen- und Karstforscher, 4 sektion Biospeleologie, 26/1.
20. V. Sbordonì. 1969. Il suolo: classificazione e biologia, in *Enciclopedia della natura*, v. 4, col. 237-272, Roma, Casini.
21. V. Sbordonì e M. Cobolli. 1969. Note sull'allevamento sperimentale degli animali cavernicoli in laboratorio. Arch. Zool. Ital., 54: 33-57.
22. L. Bullini, V. Sbordonì e P. Ragazzini. 1969. Mi-

- metismo mulleriano in popolazioni italiane di *Zygaena ephialtes* (L.) (Lep. Zygaenid.). Arch. Zool. Ital., 54: 181-214.
23. V. Sbordonì. 1969. Ricerche biospeleologiche in Turchia: grotte visitate nelle campagne 1967-1968. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 14: 23-35.
24. V. Sbordonì 1970. Nelle grotte e nelle caverne, in Terzoprogramma, n. 3, 263-270.
25. V. Sbordonì 1970. Sotto la superficie terrestre, in Terzoprogramma, n. 3, 271-279.
26. L. Bullini e V. Sbordonì. 1970. Evoluzione del mimetismo in *Zygaena ephialtes* (L.). Atti Ass. Genet. Ital., 15: 207-209.
27. V. Sbordonì e L. Bullini. 1971. Mimetismo e polimorfismo del genere *Zygaena* F. (Lep. Zygaenidae). Atti VIII Congr. Naz. Ital. di Entomologia, Firenze 1969: 97-99.
28. V. Sbordonì. 1971. *Ochridiola marinae*: nuovo genere e nuova specie di *Bathysciinae* endogei della Macedonia (Col. Catopidae). Fragm. Entomol., 8: 29-40.
29. V. Sbordonì and L. Bullini. 1971. Further observations on Mimicry in *Zygaena ephialtes* (Lep. Zygaenidae). Fragm. Entomol., 8: 49-56.
30. V. Sbordonì. 1971. Osservazioni biogeografiche sulla fauna cavernicola dell'Appennino centrale. Lavori Soc. Ital. Biogeografia (N.S.) 2: 595-614.
31. V. Sbordonì e R. Argano. 1972. Introduction; caves studied during the first mission to Mexico (1969). In "Subterranean Fauna of Mexico", Parte I, Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno N. 171: 5-21.
32. V. Sbordonì e M. Cobolli Sbordonì. 1973. Aspetti ecologici ed evolutivi del popolamento di grotte temperate e tropicali: osservazioni sul ciclo biologico di alcune specie di *Ptomaphagus* (Col. Catopidae). Int. J. Speleol., 5: 337-347.
33. V. Sbordonì 1972. Nelle caverne. Nel meraviglioso regno degli animali, 1368-1438, Roma A. Curcio editore.
34. V. Sbordonì, R. Argano e A. Zullini. 1973. Biological investigations on the caves of Chiapas (Mexico) and adjacent countries: introduction. In "Subterranean Fauna of Mexico", Parte II, Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno N. 171: 5-45.
35. V. Sbordonì. 1973. A new cave dwelling *Ptomaphagus* (Col. Catopidae) from Tabasco, Mexico. In "Subterranean Fauna of Mexico", Parte II, Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno N. 171: 363-367.
36. V. Sbordonì. 1973. Endemismi italiani: *Dolichopoda baccettii* Capra. Boll. Ass. Romana Entomol., 27: copertina.
37. V. Sbordonì. 1974. *Laelia coenosa* Hub. (Lep. Lymantriidae) al lago di Burano. Boll. WWF, 3: 10-11.
38. V. Sbordonì. 1974. Endemismi italiani: *Amata razzii* Turati. Boll. Ass. Romana Entomol., 29: copert.
39. P. Agnoletti, G. Marzolla e V. Sbordonì. 1975. La Grava dei Gentili nel Massiccio degli Alburni (Appennino meridionale) e la sua fauna. Notiz. Circ. Speleol. Romano, 18, 1973: 3-20.
40. V. Sbordonì. 1975. La speciazione geografica degli animali. Cultura e scuola, n. 53 (gen.-mar. 1975): 175-182.
41. T. Racheli e V. Sbordonì. 1975. A new species of *Papilio* from Mexico (Lep. Papilionidae). Fragm. Entomol., 11: 175-183.
42. V. Sbordonì e M. Cobolli Sbordonì. 1975. Attuali conoscenze sulla fauna cavernicola abruzzese. Quaderni del Museo di Speleologia "V. Rivera". L'Aquila, 2: 95-100.
43. V. Sbordonì. 1976. Endemismi italiani: *Zygaena* (*Mesembrynus*) *rubicundus* Hubner. Boll. Ass. Romana Entomol., 31: copertina.
44. V. Sbordonì. 1976. Segnali visivi e comportamento nell'evoluzione del mimetismo. In "Colloquio sul tema: Il significato biologico del mimetismo", Roma 1974. Accademia Nazionale dei Lincei, Atti dei Convegni Lincei, 15: 53-66.
45. V. Sbordonì, E. De Matthaëis and M. Cobolli Sbordonì. 1976. Phosphoglucumutase polymorphism and natural selection in populations of the cave cricket *Dolichopoda geniculata*. Z. Zool. Syst. Evolut.-forsch., 14: 292-299.
46. V. Sbordonì, R. Argano, V. Vomero e A. Zullini. 1977. Ricerche sulla fauna cavernicola del Chiapas (Messico) e delle regioni limitrofe: grotte esplorate nel 1973 e nel 1975. Criteri per una classificazione biospeleologica delle grotte. In "Subterranean Fauna of Mexico", Parte III, Accademia Nazionale dei Lincei, Quaderno N. 171: 5-74.
47. V. Sbordonì, R. Argano, V. Vomero y A. Zullini. 1977. Investigaciones biospeleológicas en Chiapas (Mexico). Bioespeleologia, Terrassa: 157-160.
48. F. Accordi and V. Sbordonì. 1978. The fine structure of Hamann's organ in *Leptodirus hochenwarti*, a highly specialized cave *Bathysciinae* (Col. Catopidae). Int. J. Speleol., 9: 153-177.
49. M. Lucarelli and V. Sbordonì. 1978. Humidity responses and the role of the Hamann's organ of cavernicolous *Bathysciinae* (Col. Catop.). Int. J. Speleol., 9: 167-177.
50. V. Sbordonì, M. Rampini e G. Carchini. 1978. Ecologia di popolazioni di *Dolichopoda geniculata* Costa e di altre specie troglofile in due grotte del Lazio. Rass. Speleol. Ital., Memoria 12: 267.
51. V. Sbordonì, M. Cobolli Sbordonì ed E. De Matthaëis. 1978. Ricerche sulla variabilità genetica di popolazioni cavernicole indagata con elettroforesi di sistemi enzimatici. Rass. Speleol. Ital., Memoria 12: 268-271.
52. V. Sbordonì e M. Rampini. 1978. Una nuova *Bathysciola* dei Monti Lepini e note su *Bathysciola raveli* (Col. Catop.). Boll. Ass. Romana Entomol., 33: 41-50.
53. Prota C., P. Provera, T. Racheli e V. Sbordonì.

1978. I Macrolepidotteri dell'Appennino Centrale. Parte I. Diurna, Bombyces e Sphinges. *Fragm. Entomol.*, 14: 1-217.
54. V. Vomero & V. Sbordoni. 1978 Diversità Biotica in Comunità di Acari del SuolodiForesta Tropicale Decidua e Temperata Mista. *Italian Journal of Zoology*, 45:S1, 52-52, DOI: 10.1080/11250007809440255
55. V. Sbordoni 1978. Speleobiologia, Il Nuovo Galileo, Enciclopedia delle Scienze e delle Tecniche, vol. 12, [2 p.], Firenze, Sansoni, 1978.
56. V. Sbordoni, M. Cobolli Sbordoni e E. De Matthaëis. 1979. Divergenza genetica tra popolazioni e specie ipogee ed epigee di *Niphargus* (Crustacea, Amphipoda). *Lavori Soc. Ital. Biogeografia (N.S.)* 6 (Perugia 1976): 1-23.
57. V. Sbordoni, L. Bullini, G. Scarpelli, S. Forestiero and M. Rampini. 1979. Mimicry in the burnet moth *Zygaena ephialtes*: population studies and evidence of Mullerian-Batesian situation. *Ecological Entomology*, 4: 83-93.
58. V. Sbordoni, G. Allegrucci, D. Cesaroni e G. Sammuri. 1979. Sulla posizione sistematica e le affinità di Dolichopoda "etrusca" in base a dati elettroforetici (Orth.Rhaphidophoridae). *Fragm. Entomol.*, 15: 67-78.
59. V. Sbordoni 1980. Le grotte nel mondo. Riconoscere gli insetti. In *Grande enciclopedia Fabbri della natura*, 76, [33]-48, 177-192. Milano, Fabbri.
60. V. Sbordoni 1980. Le grotte. Riconoscere gli insetti. In *Grande enciclopedia Fabbri della natura*, 75, [17]-32, 161-176. Milano, Fabbri.
61. V. Sbordoni, V. Vomero, R. Argano and A. Zullini. 1980. The cave fauna of Chiapas (Mexico): tropical and temperate cave communities and their evolution. In "Tropical ecology and development", Part 1, J.I. Furtado ed., The International Society of Tropical Ecology, Kuala Lumpur, Malaysia.
62. L. Bullini, L. Contoli, V. Sbordoni e A. Vigna Taglianti. 1980. Specie animali in pericolo e pianificazione del territorio. Atti Convegno "Provvedimenti per le specie animali italiane in pericolo", Roma C.N.R., 1976, 18pp
63. V. Sbordoni, A. Caccone, E. De Matthaëis and M. Cobolli Sbordoni. 1980. Biochemical divergence between cavernicolous and marine Sphaeromidae and the Mediterranean salinity crisis. *Experientia*, 36: 48-49.
64. V. Sbordoni. 1980. Strategie adattative negli animali cavernicoli: uno studio di genetica ed ecologia di popolazione. *Acc. Naz. Lincei, Contr. Centro Linceo Inter. Accademia Nazionale dei Lincei*, 51: 61-100.
65. L. Bullini and V. Sbordoni. 1980. Electrophoretic studies of gene-enzyme systems: microevolutionary processes and phylogenetic inference. *Boll. Zool. (suppl.)* 47: 95-112.
66. B. Baccetti, F. Garbari, F. Pedrotti, S. Ruffo e V. Sbordoni. 1980. La biogeografia. In "La ricerca Geografica in Italia, 1960-1980". Convegno CNR, Ask Edizioni, Varese.
67. M. Lucarelli, G. Sgrò e V. Sbordoni. 1980. Cicli biologici in laboratorio di tre popolazioni cavernicole di *Bathysciola derosasi* ann. (Col. Bathysciinae). *Mem. Biospeol.*, 7: 319-332.
68. B. Delay, V. Sbordoni, M. Cobolli Sbordoni et E. De Matthaëis. 1980. Divergence genetiques entre les populations de *Speonomus delarouzei* du Massif du Canigou (Col. Bathysciinae). *Mem. Biospeol.*, 7: 235-247.
69. M. Rampini e V. Sbordoni. 1980. Una nuova *Ovobathysciola* di Sardegna (Col. Catopidae). *Fragm. Entomol.*, 15: 337-334.
70. V. Sbordoni, G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordoni and E. De Matthaëis. 1980. A preliminary report of the genetic variability in troglobitic Bathysciinae: *Leptodirus hohenwarti* and two *Orostygia* species (Col. Catopidae). *Fragm. Entomol.*, 15: 327-336.
71. V. Sbordoni. 1980. Le grotte. Riconoscere gli insetti. In *Grande enciclopedia Fabbri della natura*: [per capire, riconoscere, scoprire], 75, [17]-32, 161-176. Milano, Fabbri. Pubblicato a fascicoli
72. L. Bullini, R. Cianchi, C. Stefani and V. Sbordoni. 1981. Biochemical taxonomy of the Italian species of the *Amata phegea* complex (Ctenuchidae, Syntomidae). *Nota Lepidopterologica*, 4: 125-127.
73. V. Sbordoni, G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordoni and E. De Matthaëis. 1981. Genetic variability and divergence in cave populations of *Troglophilus cavicola* and *T. andreinii* (Orth. Rhaph.). *Evolution*, 35: 226-233.
74. D. Cesaroni, G. Allegrucci, A. Caccone, M. Cobolli Sbordoni, E. De Matthaëis, M. Di Rao and V. Sbordoni. 1981. Genetic variability and divergence between populations and species of *Nesticus* cave spiders. *Genetica*, 56: 81-92.
75. E. De Matthaëis, M. Cobolli Sbordoni, A. Caccone, G. Allegrucci, D. Cesaroni e V. Sbordoni. 1981. Diversità genetica e flusso genico in ragni cavernicoli del genere *Nesticus*. In "Ecologia", SITE, Atti 1: 275-279.
76. M. Cobolli Sbordoni, G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, E. De Matthaëis e V. Sbordoni. 1981. Variabilità genetica in popolazioni cavernicole del genere *Troglophilus* (Orth. Rhaph.): influenza di fattori stocastici e deterministici. In "Ecologia", SITE, Atti 1: 269-272.
77. L. Bullini, V. Sbordoni, e S. Forestiero. 1981. Vantaggio mimetico e dimensione delle popolazioni nell'evoluzione del mimetismo. In "Ecologia", SITE, Atti 1: 265-266.
78. G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordoni, E. De Matthaëis e V. Sbordoni. 1981. Prime ricerche sulla genetica di popolazioni naturali del gamberetto cavernicolo. *Bollettino di zoologia*, 48
79. V. Sbordoni, P. Bianco e L. Bullini. 1981. Ripar-

- tizzazione della nicchia trofica in popolazioni simpatriche di *Amata phegea* e *A. ragazzii* (Lepidoptera, Ctenuchidae). In "Ecologia", SITE, Atti 1: 303-304.
80. V. Sbordonì, M. Rampini e M. Cobolli Sbordonì. 1982. Coleotteri Catopidi cavernicoli italiani. Lav. Soc. Ital. Biogeografia., (n.s.) 7: 253-336.
 81. M. Cobolli Sbordonì, V. Sbordonì e M. Lucarelli. 1982. Il popolamento cavernicolo dell'Appennino Centrale. Lav. Soc. Ital. Biogeogr., (n.s.) 7: 579-582.
 82. G. Carchini, G. Giglio, M. Rampini e V. Sbordonì. 1982. Studi ecologici nella grotta di Valmarino. I: Morfologia, clima, datazione e popolamento faunistico. Lav. Soc. Ital. Biogeografia. (n.s.) 7: 869-892.
 83. E. De Mattheaìs, R. Colognola, M. Cobolli Sbordonì, L. Pesce e V. Sbordonì. 1982. Divergenza genetica tra popolazioni di *Speleomysis bottazzii* Caroli (Crustacea, Mysidacea) della Regione Pugliese. Lav. Soc. Ital. Biogeografia., (n.s.) 7: 841-845.
 84. V. Sbordonì, G. Allegrucci, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì, E. De Mattheaìs, M. Rampini e G. Sammuri. 1982. Problemi di biogeografia e genetica di popolazioni nel genere *Dolichopoda* (Orth. Rhaph.). Lav. Soc. Ital. Biogeografia., (n.s.) 7: 847-852.
 85. A. Caccone, M. Cobolli Sbordonì, E. De Mattheaìs e V. Sbordonì. 1982. Una datazione su base genetico-molecolare della divergenza tra specie cavernicole e marine di Sferomidi (generi *Monolistra* e *Sphaeroma*) (Crustacea, Isopoda). Lav. Soc. Ital. Biogeografia., (n.s.) 7: 853-857.
 86. V. Sbordonì, L. Bullini, P. Bianco, R. Ciani, E. De Mattheaìs and S. Forestiero. 1982. Evolutionary studies on Ctenuchid moths of the genus *Amata*. 2. Temporal isolation and natural hybridization in sympatric populations of *Amata phegea* and *A. ragazzii*. J. Lepid. Soc., 36: 185-191.
 87. E. De Mattheaìs, R. Colognola, V. Sbordonì, M. Cobolli Sbordonì and L. Pesce. 1982. Genetic differentiation and variability in cave dwelling and brackish water populations of Mysidacea (Crustacea). Z.zool. Syst. Evolut.-forsch., 20: 198-208.
 88. V. Sbordonì. 1982. Advances in speciation of cave animals. pp. 219-240. In "Mechanisms of speciation", C. Barigozzi ed., A.R. Liss Inc., New York.
 89. G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì, E. De Mattheaìs and V. Sbordonì. 1982. Natural and experimental interspecific hybridization between populations of *Dolichopoda* cave crickets. Experientia, 38: 96-98.
 90. G.M. Carchini, M. Rampini, C. Severini e V. Sbordonì. 1983. Population size estimates of four species of *Dolichopoda* in natural and artificial caves of Central Italy (Orthoptera: Rhaphidoph.). Mem. Biospeol., 10: 341-347.
 91. R. Dallai, V. Sbordonì, M. Cobolli Sbordonì and E. De Mattheaìs. 1983. Chromosome and enzyme diversity in some species of Neanuridae (Collembola). Pedobiologia, 25: 301-311.
 92. F. Accordi, M. Rampini e V. Sbordonì. 1983. Ultrastruttura della cuticola e falsa fisiogastria nei *Batiscini* cavernicoli. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 79-86.
 93. G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì, E. De Mattheaìs e V. Sbordonì. 1983. Ibridazione naturale e sperimentale tra specie di *Dolichopoda* (Orth. Rhaph.). Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 225-230.
 94. D. Cesaroni, V. Sbordonì, G. Allegrucci, A. Caccone, M. Cobolli Sbordonì e E. De Mattheaìs. 1983. Analisi multivariata dei dati sul differenziamento genetico tra popolazioni e specie di *Dolichopoda* (Orth. Rhaph.) dell'Italia Centro-Meridionale. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 231-234.
 95. M.C. Angelici, M. Cobolli Sbordonì, E. De Mattheaìs e V. Sbordonì. 1983. Sistematica biochimica del genere *Zygaena* (Lepidoptera). Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 243-244.
 96. E. De Mattheaìs, M. Cobolli Sbordonì, M. Mattocchia, G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Rampini e V. Sbordonì. 1983. Struttura genetica di popolazioni cavernicole di *Bathysciola derosasi* (Col. Cat.): bottleneck e divergenza genetica. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 253-254.
 97. M. Cobolli Sbordonì, B. Delay, E. De Mattheaìs e V. Sbordonì. 1983. Divergenza genetica e barriere al flusso genico tra popolazioni cavernicole di *Speonomus delarouzei* (Col. Cat.). Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 247-252.
 98. R. Ciani, C. Stefani, V. Sbordonì e L. Bullini. 1983. Ricerche elettroforetiche sulle specie italiane del complesso *Amata phegea* (Lepidoptera ctenuchidae): aspetti genetici, tassonomici ed evolutivi. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol. Roma 1980, 2: 239-242.
 99. G. Carchini, M. Rampini, e V. Sbordonì. 1983. La comunità troglodila nella grotta di Valmarino: patterns spaziali e temporali. Atti XIII Congr. Naz. Ital. Entomol. Sestriere-Torino 1983: 295-298.
 100. V. Sbordonì, G. Carchini e M. Rampini. 1983. Un test della efficienza del metodo di marcaggio e ricattura nella stima di popolazioni di Ortoteri cavernicoli. Atti XIII Congr. Naz. Ital. Entomol. Sestriere-Torino 1983: 291-294.
 101. E. De Mattheaìs, G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì e V. Sbordonì. 1983. Genetic differentiation between *Penaeus kerathurus* and *P. japonicus* (Crustacea, Decapoda). Mar. Ecol. Progr. Ser., 12: 191-197.
 102. M. Rampini, G. Carchini e V. Sbordonì. 1983. Ecologia di popolazione di *Dolichopoda geniculata* (Costa) in una cavità artificiale del sottosuolo di Roma (Orth. Rhaph.). Fragm. Entomol., 17: 85-99.
 103. G. Carchini, M. Rampini and V. Sbordonì. 1983.

- Absolute population censuses of cave-dwelling crickets: congruence between mark-recapture and plot density estimate. *Int. J. Speleol.*(1982), 12: 27-34.
104. E. De Matthaeis, R. Pagnotta e V. Sbordonì. 1983. Variabilità genetica in *Mytilus galloprovincialis*.
 105. V. Sbordonì e A. Casale (a cura di) 1983. La vita nelle grotte: diapositive didattiche di speleobiologia, 12 p. In copertina: Società speleologica italiana, Commissione scuole, Club alpino italiano, Commissione centrale per la speleologia
 106. P.A. Audisio, M.C. Angelici e V. Sbordonì - 1984 - Studio sistematico su *Meligethes exilis* Sturm, in base a dati elettroforetici, morfo-ecologici e biogeografici (Coleoptera, Nitidulidae). *Fragm. Entomol.*, 17: 359-372.
 107. V. Sbordonì, T. Bernabei. 1985. La spedizione Malpaso '84. *Speleologia*, 12 (gen. 1985): 28-31.
 108. V. Sbordonì, G. Allegrucci, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì and E. De Matthaeis - 1985 - Genetic structure of populations and species of Dolichopoda cave crickets: evidence of peripatric divergence. In "Genetics and ecology in contact zones of populations", V. Sbordonì ed., *Boll. Zool.*, 52: 95-114.
 109. V. Sbordonì (ed.) - 1985 - Genetics and ecology in contact zones of populations. *Boll. Zool.*, 52:164
 110. E. De Matthaeis, M. Cobolli Sbordonì e V. Sbordonì - 1985 - Il possibile ruolo della temperatura nel controllo dei polimorfismi enzimatici in popolazioni di ortotteri e coleotteri cavernicoli. *SITE Atti*, 5: 317-319.
 111. G. Allegrucci, D. Cesaroni, e V. Sbordonì - 1985 - Adattamento e speciazione in popolazioni di Dolichopoda: pattern elettroforetici e morfometrici. *SITE Atti*, 5: 339-340.
 112. M. Cobolli Sbordonì, G. Allegrucci, D. Cesaroni, E. De Matthaeis, G. La Rosa, M. Mattoccia e V. Sbordonì - 1985 - Genetica di popolazioni di *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda) in rapporto a programmi di semina in lagune costiere. *SITE Atti*, 5: 473-474.
 113. Sbordonì V., E. De Matthaeis, M. Cobolli Sbordonì, G. La Rosa and M. Mattoccia - 1986 - Bottleneck effects and the depression of genetic variability in hatchery stocks of *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). *Aquaculture*, 57: 239-251.
 114. A. Caccone, G. Allegrucci, D. Cesaroni, M. Cobolli Sbordonì, E. De Matthaeis, G. La Rosa and V. Sbordonì - 1986 - Genetic variability and divergence between cave dwelling populations of *Typhlocirolana* (Crustacea, Isopoda) from Majorca and Sicily. *Bioch. Syst. Ecol.*, 14: 215-221.
 115. V. Sbordonì, R. Argano e V. Vomero - 1986 - Relazione biologica sulle spedizioni "Malpaso" 1981-82 e 1984. *Notiz. Circolo Speleol. Romano* (n.s.), 1: 73-88.
 116. R. Argano e V. Sbordonì. 1986. Biospeleologia in Messico: reportage di un viaggio di ricerca. *Notiz. Circolo Speleol. Romano* (n.s.), 1: 137-150.
 117. S. Forestiero e V. Sbordonì - 1986 - Farfalle notturne del Parco Nazionale del Circeo e qualità dell'ambiente. *Atti Conv. Asp. Faun. Probl. Zool. P.N. Circeo* (Sabaudia, 1984): 101-107.
 118. G. Allegrucci, D. Cesaroni and V. Sbordonì - 1987 - Adaptation and speciation of Dolichopoda cave crickets (Orth. Rhaph.): geographic variation of morphometric indices and allozyme frequencies. *Biol. J. Linn. Soc.*, 31: 151-160.
 119. V. Sbordonì, G. Allegrucci, A. Caccone, G. Carchini and D. Cesaroni - 1987 - Microevolutionary studies in Dolichopodinae cave crickets. pp.514-540. In: B. Baccetti ed., "Evolutionary Biology of Orthopteroid Insects", Horwood Ltd. Publ., Chichester, U.K.
 120. S. Cataudella, L. Sola, M. Corti, R. Arcangeli, G. La Rosa, M. Mattoccia, M. Cobolli Sbordonì and V. Sbordonì - 1987 - Cytogenetic, genic and morphometric characterization of groups of common carp, *Cyprinus carpio*. *Proc. World Symp. on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture*, Bordeaux 27-30 May, 1986. Vol.I. Berlin 1987: 113-129.
 121. V. Sbordonì, G. La Rosa, M. Mattoccia, M. Cobolli Sbordonì and E. De Matthaeis - 1987 - Genetic changes in seven generations of hatchery stocks of the kuruma prawn, *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). *Proc. World Symp. on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture*, Bordeaux 27-30 May, 1986. Vol. I. Berlin 1987: 143-155.
 122. M. Mattoccia, G. La Rosa, E. De Matthaeis, M. Cobolli Sbordonì and V. Sbordonì - 1987 - Patterns of genetic variability and differentiation in mediterranean populations of *Penaeus kerathurus* (Crustacea, Decapoda). *Proc. World Symp. on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture*, Bordeaux 27-30 May, 1986. Vol. I. Berlin 1987: 131-142.
 123. A. Caccone and V. Sbordonì 1987 - Molecular evolutionary divergence among North American cave crickets. I. Allozyme variation. *Evolution*, 41: 1198-1214.
 124. C. Di Russo, A. Vellei, G. Carchini and V. Sbordonì - 1987 - Life cycle and age structure of Dolichopoda populations (Orthoptera, Rhaphidophoridae) from natural and artificial cave habitats. *Boll. Zool.*, 54: 337-340.
 125. V. Sbordonì - 1987 - Ricerche sulla microevoluzione delle Dolichopodinae, ortotteri di caverna. *Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti*, Anno XXXV:119-128.
 126. V. Sbordonì, G. Carchini and M. Lucarelli - 1988 - Primi risultati delle ricerche biospeleologiche svolte nel 1986 e 1987 in Chiapas (Messico). *Notiz. Circolo Speleol. Romano* (n.s.) 2 (1987): 135-150.
 127. M. Corti, R.S. Thorpe, L. Sola, V. Sbordonì and S. Cataudella - 1988 - Multivariate morphometrics in aquaculture: a case study of six stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can.J. Fish. Aquat.Sci.*, 45: 1548-1554.

128. C. Parlanti, B. Lanza, M. Poggesi e V. Sbordonì - 1988 - Anfibi e Rettili delle isole del Mediterraneo: un test dell'ipotesi dell'equilibrio insulare. *Bull. Ecol.*, 19: 335-348.
129. V. Sbordonì, G. Allegrucci, F. Baldari and D. Cesaroni - 1988 - Evolutionary genetics and morphometrics of a cave crayfish population from Chiapas (Mexico). *Int. J. Speleol.*, 17: 65-81.
130. D. Cesaroni, G. Allegrucci, M.C. Angelici, T. Racheli and V. Sbordonì - 1989 - Allozymic and morphometric analysis of populations in the *Zygaena purpuralis* complex (Lepidoptera, Zygaenidae). *Biol. J. Linn. Soc.*, 36: 271-280.
131. G. Carchini, C. Di Russo and V. Sbordonì - 1989 - Age structure of Dolichopoda populations from artificial and natural cave habitats (Orthoptera: Rhaphidophoridae). *Mem. Biospeol.*, 16: 197-200.
132. V. Sbordonì and A. Vigna Taglianti - 1989- Zoological research in the Near East by the Universities of Rome. 121. List of contributions. *Fragm. Entom.*, 21: 117-130.
133. V. Sbordonì e M. Lucarelli - 1990 - Note preliminari sulla fauna cavernicola del Matese. *Notiz. Circolo Speleol. Romano (n.s.)* 3 (1988): 91-109.
134. V. Sbordonì, A. Caccone, G. Allegrucci and D. Cesaroni - 1990 - Molecular island biogeography, p.55-83. In: "Biogeographical aspects of insularity", *Atti dei Convegni Lincei*, Vol. 85, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, Italy. 841pp
135. M. Cobolli Sbordonì, M. Mattoccia, G. La Rosa, E. De Mattheaïs and V. Sbordonì - 1990 - Secondary sympatric occurrence of sibling species of subterranean shrimp in the karst. *Int. J. Speleol.*, 19: 9-28.
136. V. Sbordonì, G. Allegrucci and D. Cesaroni. 1991. A multidimensional approach to the evolution and systematics of Dolichopoda cave crickets, p.171-199. In: G.M. Hewitt et al. (eds.), "Molecular techniques in taxonomy", *NATO ASI Series*, Vol. H 57. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 420pp
137. M. Mattoccia, D. Cesaroni, P. Matarazzo and V. Sbordonì. 1991. Genetic changes in the Manila clam, *Tapes philippinarum*: temporal and spatial variation, p.210-211. In: N. De Pauw and J. Joyce (comps.), "Aquaculture and the Environment", *European Aquaculture Society Special Publication no.14*, Bredene, Belgium. 324pp
138. S. Cataudella, G. Allegrucci, P. Bronzi, E. Cataldi, C. Cioni, M. Corti, D. Crosetti, D.de Merich, C. Fortunato, L. Garibaldi, A. Loy, G. Marino, L. Sola and V. Sbordonì. 1991. Multidisciplinary approach to the optimization of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) rearing in freshwater. 1. Basic morpho-physiology and osmoregulation, p.56-57. In: N. De Pauw and J. Joyce (comps.), "Aquaculture and the Environment", *European Aquaculture Society Special Publication no.14*, Bredene, Belgium. 324pp
139. S. Cataudella, G. Allegrucci, P. Bronzi, E. Cataldi, C. Cioni, M. Corti, D. Crosetti, D.de Merich, C. Fortunato, L. Garibaldi, A. Loy, G. Marino, L. Sola and V. Sbordonì. 1991. Multidisciplinary approach to the optimization of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) rearing in freshwater. 2. Genetics and morphometrics, p.58-59. In: N. De Pauw and J. Joyce (comps.), "Aquaculture and the Environment", *European Aquaculture Society Special Publication no. 14*, Bredene, Belgium. 324pp
140. S. Cataudella, G. Allegrucci, P. Bronzi, E. Cataldi, C. Cioni, M. Corti, D. Crosetti, D.de Merich, C. Fortunato, L. Garibaldi, A. Loy, G. Marino, L. Sola and V. Sbordonì. 1991. Multidisciplinary approach to the optimization of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) rearing in freshwater. 3. Rearing trials at different salinities, p.60-61. In: N. De Pauw and J. Joyce (comps.), "Aquaculture and the Environment", *European Aquaculture Society Special Publication no. 14*, Bredene, Belgium. 324pp
141. C. Di Russo, L. De Pasquale, G. Carchini and V. Sbordonì. 1991. Preliminary data on the feeding habit of Dolichopoda (Orth., Rhaphidophoridae) by means of faecal content analysis. *Mem. Biospeol.* 18: 81-84.
142. G. Carchini, C. Di Russo, and V. Sbordonì. 1991. Contrasting age structures in cave cricket populations: patterns and significance. *Ecol. Entom.* 16: 305- 314.
143. V. Sbordonì. 1991. Alcuni sviluppi sul problema della specie in biologia. pp.117-118. In: A. Minelli (ed.), "Attualità biologiche - Atti del I Conv. Sez. Ital. della International Union of Biological Sciences (I.U.B.S.)", Tip. La Garangola, Padova.
144. G. Allegrucci, A. Caccone, D. Cesaroni, and V. Sbordonì. 1992. Evolutionary divergence in Dolichopoda cave crickets: a comparison of single copy DNA hybridization data with allozymes and morphometric distances. *J. Evol. Biol.* 5: 121-148.
145. V. Sbordonì, F. Baldari e A. Caccone. 1992. Tempi relativi e assoluti dell'evoluzione. *Accademia Nazionale dei Lincei, Contributi Centro Linceo Interdisciplinare "B. Segre"*, 85: 197-244
146. D. Cesaroni, G. Allegrucci and V. Sbordonì. 1992. A narrow hybrid zone between two crayfish species from a Mexican cave. *J. Evol. Biol.* 5: 643-659.
147. G. Allegrucci, F. Baldari, D. Cesaroni, R.S. Thorpe and V. Sbordonì. 1992. Morphometric analysis of interspecific and microgeographic variation of crayfish from a Mexican cave. *Biol. J. Linn. Soc.* 47: 455-468.
148. V. Sbordonì. 1993. Molecular systematics and the multidimensional concept of species. *Bioch. Syst. Ecol.* 21: 39-42.
149. F. Venanzetti, D. Cesaroni, P. Mariottini and V. Sbordonì. 1993. Molecular phylogenies in Dolichopoda cave crickets and mtDNA rate calibration. *Mol. Phylogenetics Evol.*, 2: 275-280.
150. S. Forestiero e V. Sbordonì. 1993. I Lepidotteri. *Accademia Nazionale dei Lincei, Contributi Centro Linceo Interdisciplinare "B. Segre"*, 86: 259-284.
151. G. Carchini, C. Di Russo and V. Sbordonì. 1994.

- Population ecology and adaptive strategies in cave crickets. S. It.E. Atti, 15 (1992): 331-343.
152. G. Allegrucci, C. Fortunato, S. Cataudella and V. Sbordonì. 1994. Acclimation to freshwater of the sea bass: evidence of selective mortality of allozyme genotypes, p.486-502. In: A.R. Beaumont (ed.), Genetics and Evolution of Aquatic Organisms. Chapman and Hall, London. 540pp
 153. D. Cesaroni, M. Lucarelli, P. Allori, F. Russo and V. Sbordonì. 1994. Patterns of evolution and multi-dimensional systematics in graylings (Lepidoptera: Hipparchia). Biol.J. Linn.Soc., 52: 101-119.
 154. A. Caccone, M.C. Milinkovitch, V. Sbordonì and J.R. Powell. 1994. Molecular biogeography: using the Corsica-Sardinia microplate disjunction to calibrate mitochondrial rDNA evolutionary rates in mountain newts (Euproctus). J. Evol. Biol., 7: 227-245 and 523-524 (Erratum).
 155. Di Russo, F. Venanzetti, L. Ferrucci and V. Sbordonì. 1994. Restriction enzymes induced bands in the cave cricket *Dolichopoda schiavazzii* (Orthoptera, Rhaphidophoridae): implications for heterocromatin characterization and satellite DNA distribution. Boll. Zool., 61: 149-153.
 156. F. Venanzetti, F. Cecconi, M. Giorgi, D. Cesaroni, V. Sbordonì and P. Mariottini. 1994. Cloning and characterization of the European seabass, *Dicentrarchus labrax*, mitochondrial genome. Curr. Genet., 26:139-145.
 157. C. Di Russo, G. Carchini, and V. Sbordonì. 1994. Life history variation in *Dolichopoda* cave crickets, p 205-226. In: H.V. Danks (ed.), Insect life-cycle polymorphism. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.
 158. L. Bachmann, F. Venanzetti, and V. Sbordonì. 1994. Characterization of a species-specific satellite DNA family of *Dolichopoda schiavazzii* (Orthoptera, Rhaphidophoridae) cave crickets. J. Mol. Evol., 39: 274-281.
 159. M. Cobolli-Sbordonì, M. Paoletti, V. Sbordonì et A. Taglianti. 1994. Historique de la biospéologie: Italie, p.737-751. In: C. Juberthie et V. Decu (eds.), "Encyclopaedia Biospeologica", Tome I, Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest.
 160. V. Sbordonì e M. Lucarelli. 1994. Raccolte biospeologiche in Chiapas (1988-1991). Notiz..Circolo Speleol. Romano (n.s.), 4-5 (1989-90): 55-64.
 161. G. Allegrucci, A. Caccone, S. Cataudella, J.R. Powell and V. Sbordonì. 1995. Acclimation of the European sea bass to freshwater: monitoring genetic changes by RAPD polymerase chain reaction to detect DNA polymorphisms. Marine Biology, 121: 591-599.
 162. L. De Pasquale, D. Cesaroni, C. Di Russo and V. Sbordonì. 1995. Trophic niche, age structure and seasonality in *Dolichopoda* cave crickets. Ecology, 18: 217-224.
 163. G. Carchini, M. Rampini and V. Sbordonì. 1995. Life cycle and population ecology of the cave cricket *Dolichopoda geniculata* (Costa) from Valmarino cave (Central Italy). Int. J. Speleol. 23 (1994): 203-218.
 164. M. Bollino, F. Vitale, G. Sala, D. Cesaroni and V. Sbordonì. 1996. A check-list of Papilionoidea (Lepidoptera, Rhopalocera) from Erimanthos Oros (Greece, Peloponnesus). Linneana Belgica, Pars XV, n.6: 242-248.
 165. M. Cobolli, E. De Matthaeis, M. Mattoccia and V. Sbordonì. 1996. Genetic variability and differentiation of hypogean Cyprinid fishes from Somalia. J. Zoo. Syst. Evol. Research, 34: 75-84.
 166. L. Latella, C. Di Russo e V. Sbordonì. 1996. Note sulla fauna cavernicola dei Monti Ernici. Notiz. Circolo Speleol. Romano (n.s.) 8-9-10 (1993-95): 135-146.
 167. Cobolli, M., M. Lucarelli e V. Sbordonì. 1996. Le farfalle diurne delle piccole isole circumsarde. In: "Le piccole isole circumsarde ed il loro significato biogeografico", Biogeographia, vol. XVIII, 1995: 569-582.
 168. Poggi, R. e V. Sbordonì. 1996. Osservazioni conclusive sul XXX Congresso della Società Italiana di Biogeografia (Olbia, 17-20 maggio 1994). In: "Le piccole isole circumsarde ed il loro significato biogeografico", Biogeographia, vol. XVIII, 1995: 701-706.
 169. L. Bachmann, F. Venanzetti and V. Sbordonì. 1996. Tandemly repeated satellite DNA of *Dolichopoda schiavazzii*: a test for models on the evolution of highly repetitive DNA. J. Mol. Evol., 43: 135-144.
 170. Allegrucci, G., M.G. Minasi, and V. Sbordonì. 1997. Patterns of gene flow and genetic structure in cave-dwelling crickets of the Tuscan endemic, *Dolichopoda schiavazzii* (Orthoptera, Rhaphidophoridae). Heredity, 78: 665-673.
 171. Allegrucci G., C. Fortunato and V. Sbordonì, 1997. Genetic structure and allozyme variation of sea bass (*Dicentrarchus labrax* and *D.punctatus*) in the Mediterranean Sea. Marine Biology, 128: 347-358.
 172. Caccone A., G. Allegrucci, C. Fortunato & V. Sbordonì, 1997. Genetic differentiation within the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) as revealed by RAPD-PCR assays. J. Heredity, 88: 316-324.
 173. Cesaroni D., F. Venanzetti, G. Allegrucci and V. Sbordonì, 1997. Mitochondrial DNA length variation and heteroplasmy in natural populations of the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Mol. Biol. Evol., 14: 560-568.
 174. Caccone, A., M.C. Milinkovitch, V. Sbordonì and J.R. Powell. 1997. Mitochondrial DNA rates and biogeography in European newts (genus *Euproctus*). Systematic Biology, 46: 126-144.
 175. Forestiero, S. e V. Sbordonì. 1997. Coevoluzione tra farfalle ed altri organismi. In: "XXIII Seminario sull'Evoluzione Biologica e i grandi problemi della Biologia. Coevoluzione e coadattamento". Pp.77-105. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma
 176. Bernardini, C., C. Di Russo, M. Rampini, D. Cesa-

- roni and V. Sbordonì. 1997. A recent colonization of Dolichopoda cave crickets in the Poscola cave (Orthoptera Rhaphidophoridae). *Int.J. Speleol.*, 25 (1996): 15-31.
177. Cesaroni, D., P. Matarazzo, G. Allegrucci and V. Sbordonì. 1997. Comparing pattern of geographic variation in cave crickets by combining geostatistic methods and Mantel tests. *J. Biogeography*, 24: 419-431.
178. Venanzetti F., C. Di Russo, V. Sbordonì and G. Carchini. 1997. "Progress report on studies of molecular divergence between vicariant insects taxa from Gondwana lands". Proceedings of the third meeting on Antarctic Biology, pp 389-392.
179. Di Russo, C. and V. Sbordonì. 1998. Gryllacridoidea. In: Juberthie C., Decou V. (eds.), *Encyclopedia Biospeologica*, 2. Moulis and Bucharest.
180. Allegrucci, G., D. Cesaroni, F. Venanzetti, S. Cautaudella and V. Sbordonì. 1998. MtDNA control region length variation in hatchery stocks of European sea bass subjected to acclimation experiments. *Genetics, Selection, Evolution*, 30: 275-288.
181. G. Gentile, and V. Sbordonì. 1998. Indirect methods to estimate gene flow in cave and surface populations of *Androniscus dentiger* (Crustacea, Isopoda). *Evolution*: 52: 432-442.
182. M. Cristofaro, F. Sale, C. Campobasso, L. Knutson, and V. Sbordonì. 1998. Biology and host preference of *Nephopteryx divisella* (Lepidoptera: Pyralidae): candidate agent for biological control of leafy spurge complex in North America. *Environ. Entomol.*, 27: 731-735.
183. M. Mattoccia, B. De Santis and V. Sbordonì. 1998. Struttura genetica in popolazioni naturali ed allevate di vongole (*Tapes decussatus*) in relazione a programmi per la tutela, il ripopolamento, la gestione e la produzione. *Biol. Mar. Medit.*, 5: 1102-1111.
184. M. Mattoccia, M. Lorenzetti and V. Sbordonì. 1998. Struttura genetica in popolazioni allevate e naturali del gambero *Penaeus japonicus* in relazione a programmi per la gestione e la produzione. *Biol. Mar. Medit.*, 5: 1112-1120.
185. C. Di Russo, G. Carchini, M. Rampini, M. Lucarelli and V. Sbordonì. 1999. Long term stability of a terrestrial cave community. *Int.J. Speleol.*, 26 (1997): 75-88.
186. V. Sbordonì. 1999. Approcci molecolari alla sistematica e biogeografia degli insetti: Introduzione. pp.347-350. Atti della Accademia Nazionale di Entomologia, Rendiconti 1997 Giornata culturale su: Approcci molecolari alla sistematica ed evoluzione degli insetti, Firenze 28 nov.1997.
187. Villani, F., A. Sansotta, M. Cherubini, D. Cesaroni and V. Sbordonì. 1999. Genetic structure of natural populations of *Castanea sativa* in Turkey: evidence of a hybrid zone. *J. Evol. Biol.* 12: 233-244.
188. Allegrucci, G., A. Caccone and V. Sbordonì - 1999 - Cytochrome B sequence divergence in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and phylogenetic relationships among some Perciformes species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 37: 149-156
189. Gabriele, F., S. Forestiero and V. Sbordonì. 1999. A brief survey of the geographical distribution of chromatic variation in *Zygaena ephialtes* (Linnaeus, 1767) (Lepidoptera, Zygaenidae). In: Tremewan, Wipking & Naumann (eds.), Proceedings of the fifth International Symposium on The Biology of the Zygaenidae (Insecta, Lepidoptera). Grietherbusch (Germany), 10-12 September 1993. *Theses Zoologicae*, 30: 211-228
190. Sbordonì, V., G. Allegrucci and D. Cesaroni. 2000. Population genetic structure, speciation and evolutionary rates in cave dwelling organisms. Chapter 24, pp. 453-477 In: H. Wilkens, D.C. Culver & W.F. Humphreys (Ed.s), "Subterranean Ecosystems", *Ecosystems of the World* 30. 2000 Elsevier, Amsterdam
191. Rojas, A. A., A. Vazquez-Tello, G. Ferbeyre, F. Venanzetti, L. Bachmann, B. Paquin, V. Sbordonì and R. Cedergren. 2000. Hammerhead-mediated processing of satellite pDo500 family transcripts from Dolichopoda cave crickets. *Nucleic Acids Research*, 28: 4037-4043.
192. Della Bruna, C., E. Gallo, M. Lucarelli and V. Sbordonì. 2000. Satyridae part II, Subfamily Satyrinae, Tribe Ypthimini, *Argentina*, *Boeberia*, *Calerebia*, *Grumia*, *Hemadara*, *Loxerebia*, *Paralasa*, *Peoterebia*. Pp. 1-58 In: G.C. Bozano (Ed.) *Guide to the Butterflies of the Palearctic Region*. Omnes Artes, Milano.
193. Della Bruna C., E. Gallo, M. Lucarelli and V. Sbordonì. - 2000- *Eugrumia*, a new name for *Grumia* (Lepidoptera: Satyridae, Satyrinae, Ypthimini). *Fragmenta entomologica* 32: 297-298
194. Sbordonì, V., 2000. Osservazioni conclusive sul XXXII Congresso della Società Italiana di Biogeografia (Roma, 29-31 ottobre 1998). In: "Biogeografia dell'Anatolia" *Biogeographia* 21: 647-654. <https://doi.org/10.21426/B6110067>
195. Caccone, A., V. Sbordonì, 2001. Molecular biogeography of cave life: a study using mitochondrial DNA from bathysciine beetles. *Evolution*: Vol. 55, No. 1, pp. 122-130.
196. Sbordonì, V., 2001. The value of biological and landscape diversity from an ecological viewpoint. International Conference on: Biodiversity and Landscape. IUCN/ARP. Rome, 23-26 May 2001. Abstracts
197. Sbordonì, V., 2002. L'Osservatorio sulla biodiversità per le aree protette del Lazio. Pp. 172-177 In: J. Negri (Ed.) *La Biodiversità nelle politiche ambientali. Dalla compatibilità alla sostenibilità*. Convegno Internazionale, Gargnano 25-26 ottobre 2001. Quaderni di Gargnano, Salò.
198. Della Bruna, C., E. Gallo, M. Lucarelli and V. Sbordonì. 2002. Satyridae part II, Subfamily Satyrinae, Tribe Ypthimini, *Argentina*, *Boeberia*,

- Callerebia*, *Eugrumia*, *Hemadara*, *Loxerebia*, *Paralasa*, *Peoterebia*. Pp. 1-59. 2nd Edition. In: G.C. Bozano (Ed.) Guide to the Butterflies of the Palearctic Region. Omnes Artes, Milano.
199. Weber, A., G., Allegrucci and V. Sbordoni. 2003. *Rhamdia laluchensis*: a new species of troglobitic catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Chiapas, Mexico. Ichthyol. Explor. Freshwaters 14: 273-280.
 200. Tassini A., Cesaroni D., Forestiero S. & Sbordoni V., 2003. Geographic patterns, mimicry and allozyme polymorphisms in *Zygaena ephialtes* (Linnaeus, 1767) (Lepidoptera: Zygaenidae, Zygaeninae). In: Efetov, Tremewan & Tarmann Eds. Proceedings of the 7th International Symposium on Zygaenidae (Lepidoptera). Crimean State University Press, 2003. pp 230-232.
 201. Sbordoni, V., and M., Cobolli. 2003. Insecta Pterygota except Coleoptera. Pp. 451-453. In: J. Gunn (Ed.) "Encyclopedia of Caves and Karst Science". Routledge, London.
 202. Della Bruna C., E. Gallo, and V. Sbordoni. 2003. New taxa of *Aporia* (Lepidoptera, Pieridae) from Tibet and West China. Fragmenta entomologica 35:129-138.
 203. Young, J., Buiatti, M., Pannacciulli, F., Sbordoni, V., Vazzana, C., Negri, V., Broggio, M., Bocci, R. and Watt, A. (editors) 2003. Genetic biodiversity in natural and agricultural systems: Measurement, understanding and management- Report of an e-conference. European Platform For Biodiversity Research Strategy: 1-82.
 204. Gratton, P., G. Allegrucci, M. Gallozzi, C. Fortunato, F. Ferreri and V. Sbordoni. 2004. Allozyme and microsatellite genetic variation in natural samples of Zebrafish, *Danio rerio*. J. Zool. Syst. Evol. Research 42: 54-62.
 205. Sbordoni, V., M. A. Bologna e A. Vigna Taglianti. 2004. Gli Insetti e la Biodiversità. Atti XIX Congresso Nazionale Italiano Entomologia (Catania 10-15 giugno 2002): 137-148.
 206. Della Bruna, C., E. Gallo and V. Sbordoni. 2004. Pieridae part I, Subfamily Pierinae, Tribe Pieriini(partim): *Delias*, *Aporia*, *Mesapia*, *Baltia*, *Pontia*, *Belenois*, *Talbotia*. In: Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Editor: G.C. Bozano, pp 1-86, Omnes Artes, Milano.
 207. Sbordoni, V., G. Allegrucci and D. Cesaroni. 2004. Insetti cavernicoli e farfalle: casi di studio sulla filogenesi molecolare e la microevoluzione. Atti della Accademia Nazionale di Entomologia, Rendiconti, anno LII (2004):133-150.
 208. Sbordoni V., De Felici S., Gratton P., Lucarelli M., Mattoccia M., Romano A., D'Alessio S., Montinaro G.P., Sorace A., Spada F., Agrillo E., Casella L., Leone M., Zanella S. 2005. Piano di gestione: ZPS IT 6040043 "Parco Naturale monti aurunci", SIC IT 6040026 Monte Petrella (area sommitale), SIC IT 6040027 "Monte Redentore (versante Sud)", SIC IT6040028 "Forcelle di Campello e di Fraile", SIC IT 6050026 "Parete del Monte Fammera". PARTE II. pp.174 - 459. Roma, Regione Lazio. Febbraio 2005.
 209. Sbordoni, V., G. Allegrucci and D. Cesaroni. 2005. Population Structure of cave organisms. pp. 447-455. In: D. Culver and W. White (Ed.s) "The Encyclopedia of Caves", Elsevier Academic Press.
 210. Mattoccia, M., A. Romano and V. Sbordoni..2005. Mitochondrial DNA sequence analysis of the spectacled salamander, *Salamandrina terdigitata* (Urodela: Salamandridae), supports the existence of two distinct species. Zootaxa 995: 1-19.
 211. Allegrucci, G., Todisco, V., Sbordoni, V., and Carchini, G. 2005. Progress in molecular phylogeny of Antarctic Chironomidae. In P. Luporini and M. Morbidoni (Eds.) Proceedings of the Fifth PNRA Meeting on Antarctic Biology, 29-30 April 2004, Messina. Polarnet Technical Report. 1/2005: 58-62.
 212. Sbordoni, V., Allegrucci, G. e Todisco, V. 2005. Il genere *Dolichopoda* in Sardegna: filogenesi molecolare e ipotesi sull'evoluzione. Studi Trent. Sci. Nat., Acta 81 (2004): 103-111. (ISSN 0392-0542).
 213. Allegrucci, G., Todisco, V., Sbordoni, V., 2005. Molecular phylogeography of *Dolichopoda* cave crickets (Orthoptera, Rhaphidophoridae): A scenario suggested by mitochondrial DNA. Molecular Phylogenetics and Evolution 37 (2005): 153-164.
 214. Pasquali, V., Renzi, P., Lucarelli, M. & Sbordoni, V. 2005. Locomotor activity in *Dolichopoda* cave crickets. A chronobiological study of populations from natural and artificial caves. Subterranean Biology 3: 49-55.
 215. Gratton, P. & V. Sbordoni. 2005. Conservation genetics and phylogeography of *Parnassius mnemosyne*. pp. 41-44. In: E. Kühn, R. Feldmann, J.A. Thomas & J. Settele (Eds.), "Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1: General Concepts and Case Studies". Pensoft Series Faunistica No 52 (ISSN 1312-0174). Pensoft Publishers, Sofia.
 216. De Felici, S., M. Lucarelli & V. Sbordoni. 2005. Assessing conservation status of butterflies at the regional scales: analysing data from the biodiversity observatory of Latium, Italy. pp. 78-81. In: E. Kühn, R. Feldmann, J.A. Thomas & J. Settele (Eds.), "Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1: General Concepts and Case Studies". Pensoft Series Faunistica No 52 (ISSN 1312-0174). Pensoft Publishers, Sofia.
 217. Latella, L., Pedicone Cioffi, A. & Sbordoni, V. 2006. Chiapas 1999. Notiz. Circolo Speleol. Romano NS 16-19 (2001-2004): 37-40.
 218. Sbordoni, V., Latella, L. & Lucarelli, M. 2006. Ricerche biospeleologiche in Chiapas (1996-2001). Notiz. Circolo Speleol. Romano NS 16-19 (2001-2004): 83-92.
 219. Allegrucci G., G. Carchini, V. Todisco, P. Convey, V. Sbordoni, 2006. A molecular phylogeny of an-

- tartic chironomidae and its implications for biogeographical history. *Polar Biology* 29:320-326.
220. Gratton P., V. Todisco e V. Sbordoni. 2006. Filogeografia comparata di *Parnassius apollo* e *P. mnemosyne*. Un contributo genetico-molecolare alla biogeografia dell'Appennino. *Biogeographia* 27:189-201.
221. Romano, A., G. Montinaro, M. Mattoccia, V. Sbordoni. 2007. Amphibians of the Aurunci Mountains (Latium, Central Italy). Checklist and conservation guidelines. *Acta Herpetologica* 2(1): 17-25.
222. Gratton, P., G. Allegrucci, V. Sbordoni. 2007. Caratterizzazione genetica della popolazione. (pp. 25-41). In: Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio (Ed) Indagini sulle trote presenti nella Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio. Fiume Aterno, Raiano (AQ) Abruzzo. ATI B.A.S.E., Raiano (AQ).
223. Argano R., Boero F., Bologna M.A., Dallai R., Lanzavecchia G., Luporini P., Melone G., Sbordoni V., Scalera Liaci L, 2007. Zoologia: Evoluzione e adattamento. Monduzzi Ed., Bologna.
224. Argano R., Boero F., Bologna M.A., Dallai R., Lanzavecchia G., Luporini P., Melone G., Sbordoni V., Scalera Liaci L, 2007. Zoologia: Diversità animale. Monduzzi Ed., Bologna.
225. Trucchi E. and Sbordoni V. (2007) Terra del Fuoco: ultima frontiera – Fire Land: the last frontier. *Le Scienze (Italian Edition of Scientific American)*, 469, pp. 90-97.
226. Gentile, G.; Rosa, S; Fabiani, A; Marquez, C; Snell, HL; Snell, HM; Tapia, W; Sbordoni, V; Milinkovitch, MC (2007). The diversification of land iguanas from the Galápagos Islands: a new form of iguana traces the origin of the modern Galápagos land iguanas. In *Population Genetics for Animal Conservation II - Programme, Abstracts and Addresses* (pp.54).
227. Sbordoni V., S. De Felici e D. Cesaroni. 2008. Un osservatorio per la biodiversità. p. 87-113. In: G. Biondi, F. Ghione, O. Rickards e V. Sbordoni (eds.) *Evoluzioni – Le scienze tra natura e numeri*. Mostre a Villa Mondragone, 6: 160pp. Centro Rappresentanza Villa Mondragone, Università di Roma Tor Vergata. ISBN 978-88-95688-02-2.
228. Allegrucci, G., V. Sbordoni. 2008. L'orologio molecolare: uno strumento per la misura dei tempi dell'evoluzione. *Accademia Nazionale dei Lincei*, 34° Seminario sull'Evoluzione Biologica, Contributi Centro Linceo Interdisciplinare "B. Segre", 119: 185-217.
229. Trucchi, E., G. Gentile and V. Sbordoni. 2008. Development of primers to amplify mtDNA control region of Old World porcupines (subgenus *Hystrix*). *Molecular Ecology Resources* 8,1139–1141.
230. Gratton P., Konopiński M., and V. Sbordoni. 2008. Pleistocene evolutionary history of *Parnassius mnemosyne* in Central and Eastern Europe: genetic and demographic consequences of climate cycles and support to the "time dependency" of mutation rates. *Molecular Ecology*: 17, 4248–4262.
231. Gentile, G., Vernesi, C., Vicario, S., Pecchioli, E., Caccone, A., Bertorelle, G. and Sbordoni, V. 2008. Mitochondrial DNA variation in roe deer (*Capreolus capreolus*) from Italy: evidence of admixture in one of the last *C. c. italicus* pure populations from central-southern Italy, *Italian Journal of Zoology*, 76(1): 16-27. DOI: 10.1080/11250000802018725.
232. Gratton P., Sbordoni V. 2009. Isolation of novel microsatellite markers for the Clouded Apollo (*Parnassius mnemosyne* Linnaeus, 1758; Lepidoptera, Papilionidae). *Conservation Genetics*. 10:1141–1143. DOI 10.1007/s10592-008-9728-5
233. Sbordoni V., 2009. Monitoraggio genetico e problematiche di gestione della fauna invertebrata. Pp. 248-265. In *Biodiversità facciamo il punto: Strategie per l'Educazione, la Gestione e la Conservazione*. Il contributo dell'ARPA Sicilia verso il Countdown 2010. ARPA Sicilia, 343 pp.
234. Gentile G, Fabiani A, Marquez C, Snell H, Snell H, Tapia W, Sbordoni V. 2009. An overlooked, pink, new species of land iguana in the Galapagos. *Proceedings National Academy of Sciences, USA*: 106 (2), 507-511.
235. Hauffe H. C., Sbordoni V. 2009. Introduction. Pp.1-21. In Bertorelle G., Bruford M., Hauffe H.C., Rizzoli A., Vernesi C. *Population Genetics for Animal Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. ISBN 978-0.521-86630-9
236. Della Bruna C., Gallo E., Sbordoni V., Bozano G.C. 2009. Addenda to the genus *Aporia* Huebner [1819] (Lepidoptera, Pieridae). *Nachr. Ver. Apollo*, NF 29, 205-209. ISSN 0723-9912.
237. Deodati T., Cesaroni D., Sbordoni V. 2009. Molecular phylogeny, classification, and biogeographic origin of *Callerebia* and other related Sino-Himalayan genera (Insecta: Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). Pp. 475-482. In: Hartmann, M. & J. Weipert: *Biodiversität & Naturlausstattung im Himalaya*, Bd. III. Verein der Förderer des Naturkundemuseums Erfurt e.V., Erfurt, Germany.
238. Allegrucci G., M. Rampini, P. Gratton, V. Todisco, and V. Sbordoni. 2009. Testing phylogenetic hypotheses for reconstructing the evolutionary history of *Dolichopoda* cave crickets in the eastern Mediterranean. *J. Biogeography*, 36, 1785–1797.
239. Trucchi E., and V. Sbordoni. 2009. Unveiling an ancient biological invasion: molecular analysis of an old European alien, the crested porcupine (*Hystrix cristata* Linnaeus, 1758). *BMC Evolutionary Biology*, 9:109-119. doi:10.1186/1471-2148-9-109.
240. Romano, A., Mattoccia, M., Marta, S., Bogaerts, S., Pasmans, F. and Sbordoni, V. 2009. Distribution and morphological characterization of the endemic Italian salamanders *Salamandrina perspicillata* (Savi, 1821) and *S. terdigitata* (Bonaterre, 1789) (Caudata: Salamandridae). *Italian Journal of Zoology* 76:422-432. iFirst DOI: 10.1080/11250000802623995

241. Martinsen, L., Venanzetti, F., Johnsen, A., Sbordoni, V., Bachmann, L., 2009. Molecular evolution of the pDo500 satellite DNA family in Dolichopoda cave crickets (Rhaphidophoridae). *BMC Evolutionary Biology*, 9:301- doi:10.1186/1471-2148-9-301
242. Sbordoni V. 2009. Il problema della specie in biologia: da Darwin e Wallace al DNA barcode. *Rendiconti - Accademia Nazionale Delle Scienze Detta Dei XL. Memorie Di Scienze Fisiche E Naturali*, vol. serie V, 32; p. 7-26, ISSN: 0392-4130.
243. Todisco, V., Gratton, P., Cesaroni D. and Sbordoni, V. 2010. Phylogeography of *Parnassius apollo*: hints on taxonomy and conservation of a vulnerable glacial butterfly invader. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101: 169–183.
244. Gentile G., Campanaro A., Carosi M., Sbordoni V., Argano R. 2010. Phylogeography of *Helleria brevicornis* Ebner 1868 (Crustacea, Oniscidea): old and recent differentiations of an ancient lineage. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 640-646.
245. Allegrucci, G., S.A. Trewick, A. Fortunato, G. Carchini and V. Sbordoni. 2010. Cave crickets and cave weta (Orthoptera, Rhaphidophoridae) from the southern end of the World: a molecular phylogeny test of biogeographical hypotheses. *Journal of Orthoptera Research*, 19: 1-10.
246. Sbordoni V., 2010. Strength and Limitations of DNA Barcode under the Multidimensional Species Perspective. Nimis P. L., Vignes Lebbe R. (eds.) *Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems* – pp. 271–276. ISBN 978-88-8303-295-0.
247. Sbordoni V., 2010. La sfida della Biodiversità tra ricerca e innovazione. *Protecta*, 2010,11:63-65.
248. Palozzi R., Caramanna G., Albertano P., Congestri R., Bruno L., Romano A., Giganti M.G., Zenobi R., Costanzo C., Valente G., Polani D., Vecchio M., Vinci M. and Sbordoni V., 2010. The underwater exploration of the Merro sinkhole and the associated diving physiological and psychological effects. *International Journal of the Society for Underwater Technology* 29, No 3, pp 1-10. doi:10.3723/ut.
249. Martellos S, F Attorre, S De Felici, D Cesaroni, V Sbordoni, C Blasi, P L Nimis. 2011. Plant sciences and the Italian National Biodiversity Network. *Plant Biosystems*. 154(4):758-761
250. Trucchi E., Allegrucci G., Riccarducci G., Aradis A., Spina F., Sbordoni V. 2011. A genetic characterization of European Woodcock (*Scolopax rusticola*, Charadriidae, Charadriiformes) overwintering in Italy revealed two widely divergent haplogroups. *Italian Journal of Zoology*. DOI: 10.1080/11250003.2010.547877.
251. Mattoccia, M, Marta S, Romano A, Sbordoni V. 2011. Phylogeography of an Italian endemic salamander (genus *Salamandrina*): glacial refugia, postglacial expansions, and secondary contact *Biological Journal of the Linnean Society*. 104(4):903 - 992.
252. Allegrucci G, E Trucchi, V Sbordoni. 2011. Tempo and mode of species diversification in Dolichopoda cave crickets (Orthoptera, Rhaphidophoridae). *Molecular phylogenetics and evolution*. 60:108-21.
253. Todisco V, Gratton P, Wheat C, Zakharov E, Sbordoni V, Sperling F. 2012. Mitochondrial phylogeography of the Holarctic *Parnassius phoebus* complex supports a recent refugial model for alpine butterflies. *Journal of Biogeography*. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2011.02675.x
254. Sbordoni V., G. Allegrucci and D. Cesaroni. 2012. Population Structure. In: William B. White and David C. Culver, editors, *Encyclopedia of Caves*. Chennai: Academic Press, 2012, pp. 608-618. ISBN: 978-0-12-383832-2 Elsevier Inc. Academic Press.
255. Romano A., S. Salvidio, R. Palozzi, and V. Sbordoni. 2012. Diet of the newt, *Triturus carnifex* (Laurenti, 1768), in the flooded karst sinkhole Pozzo del Merro, Central Italy. *Journal of Cave and Karst Studies*, 74 (3): 271–277. DOI: 10.4311/2011JCKS0208
256. Corriero G., Acosta A., Allegrini M.-C., Austoni M., Barbone E., Bartolozzi L., Basset A., Bastianini M., Bavestrello G., Bernardi Aubry F., Boero F., Boggero A., Buia M.C., Cabrini M., Campanaro A., Campetella G., Canullo R., Cardone F., Carranza M.L., Cataletto B., Cattaneo A., Cattaneo Vietti R., Cavarro F., Cecere E., Cervellini M., Cesaroni D., Chelli S., Chiapparelli S., Cianferoni F., Cibic T., Cocciufa C., Elia A.C., De Felici S., De Olazabal A., D'onghia G., Finotto S., Fiore N., Fontaneto D., Fornasaro D., Franzoi P., Frascchetti S., Frate L., Fuentes D., Gaino E., Gaudiano L., Giangrande A., Goretti E., Ingrosso W., Keppel E., Labadessa R., La Porta G., Longo C., Lorenti M., Lorenzoni M., Lucarini D., Ludovisi A., Malavasi S., Manca M., Maiorano P., Marchetto A., Marra M., Dörr A.M., Mastrototaro F., Mazzocchi M.G., Mercurio M., Minari E., Mistri M., Monti M., Morabito G., Munari C., Nonnis Marzano C., Oggioni A., Patti F.P., Pelino G., Petrocelli A., Pierri C., Pugnetti A., Riccarducci G., Rosati I., Riccardi N., Santoro R., Sarno D., Sbordoni V., Sorino R., Scipione B., Sfriso A., Sigovini M., Sion L., Stanisci A., Tagliapietra D., Tirelli V., Tursi A., Ungaro N., Volta P., Zingone A., Zucchetta M. & Zupo V., 2012. Ecosystem Vulnerability to alien and invasive species. *XXII Congresso SitE (Società Italiana di Ecologia)*. 10-13 Settembre 2012. Dipartimento di Scienze e Innovazione Tecnologica (DiSIT). Università del Piemonte Orientale. Alessandria.
257. Pinzari M and Sbordoni V. {2013}. Species and mate recognition in two sympatric Grayling butterflies: *Hipparchia fagi* and *H. hermione genava* (Lepidoptera). *Ethology Ecology & Evolution*, 25:28-51. doi = {10.1080/03949370.2012.703244}
258. Gratton P., G. Allegrucci, A. Gandolfi, V. Sbordoni (2013). Genetic differentiation and hybridization in

- two naturally occurring sympatric trout *Salmo* spp. forms from a small karstic lake. *Journal of Fish Biology* 82, 637–657.
259. Martellos S., De Felici S., Attorre F., Fortunato C., Sbordoni V. (2013). Il Network Nazionale della Biodiversità: accesso e condivisione dei dati in rete. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 75: 6-9.
 260. Allegrucci G., Rampini M., Di Russo C., Cocchi S., Sbordoni V. (2013). Filogeografia e sistematica delle *Dolichopoda* nord-occidentali (Orthoptera, Rhaphidophoridae). *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 75: 36-37
 261. Gratton P., A. Trasatti, G. Riccarducci, E. Trucchi, S. Marta, G. Allegrucci, Donatella Cesaroni, V. Sbordoni (2013). The *Erebia tyndarus* species complex in the Alps and Apennines: new genetic data on a biogeographic riddle. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 75: 38-40.
 262. Sbordoni V. (2013). Wallace, le farfalle e la biogeografia. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 75: 51-53.
 263. Marta S., M. Mattoccia, V. Sbordoni (2013). Modelling landscape dynamics in a glacial refugium – or the spatial and temporal fluctuations of tree line altitudes. *Journal of Biogeography*. DOI:10.1111/jbi.12120
 264. Allegrucci G., B. Massa, A. Trasatti, V. Sbordoni (2013). A taxonomic revision of western *Eupholidoptera* bush crickets (Orthoptera: Tettigoniidae): testing the discrimination power of DNA barcode. *Systematic Entomology* (2013), 0, 0–0 DOI: 10.1111/syen.12031
 265. Vu Van Lien, L. Bartolozzi, E. Orbach, F. Fabiano, F. Cianferoni, G. Mazza, S. Bambi & V. Sbordoni (2014). The Entomological Expeditions in Northern Vietnam organized by the Vietnam National Museum of Nature, Hanoi and The Natural History Museum of the University of Florence (Italy) during the period 2010-2013. *Onychium*, Supplemento 1: 5-55.
 266. Gustavino B., R. Meschini, G. Franzetti, P. Gratton, G. Allegrucci, V. Sbordoni (2014). Genotoxicity testing for radon exposure: *Dolichopoda* (Orthoptera, Rhaphidophoridae) as potential bio-indicator of confined environments. *Current Zoology* 60 (2): 299–307.
 267. Gratton P., G. Allegrucci, V. Sbordoni, A. Gandolfi (2014). The evolutionary jigsaw puzzle of the surviving trout (*Salmo trutta* L. complex) diversity in the Italian region. A multilocus Bayesian approach, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79:292-304, ISSN 1055-7903, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.022>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790314002358>)
 268. Allegrucci G., M. Rampini, C. Di Russo, E. Lana, S. Cocchi¹, V. Sbordoni (2014). Phylogeography and systematics of the westernmost Italian *Dolichopoda* species (Orthoptera, Rhaphidophoridae). *ZooKeys* 437: 1–23 (2014).doi: 0.3897/zookeys.437.7917
 269. Lacasella F., C. Gratton, S. De Felici, M. Isaia, M. Zapparoli, S. Marta, V. Sbordoni (2014). Asymmetrical responses of forest and “beyond edge”arthropod communities across a forest–grassland ecotone. *Biodiversity and Conservation*. doi 10.1007/s10531-014-0825-0
 270. Pasquali V., V. Sbordoni (2014). High variability in the expression of circadian rhythms in a cave beetle population. *Biological Rhythm Research* 45(6). DOI: 10.1080/09291016.2014.934077.
 271. Sbordoni V., L. Latella (2015). Chapter: Troglobia: il CSR e la Biospeleologia- In: 100 anni sottoterra, il Circolo Speleologico Romano dal 1904 al 2004., 01/2015: chapter 4. pages 233-256; Circolo Speleologico Romano., ISBN: 978-88-940890-0-4; DOI: 10.13140/RG.2.1.3854.5769
 272. Sbordoni V., S. Gambari (2015). Chapter: Spedizioni all'estero: una cronologia. In: 100 anni sottoterra, il Circolo Speleologico Romano dal 1904 al 2004., 01/2015: chapter 4. pages 257-298; Circolo Speleologico Romano., ISBN: 978-88-940890-0-4; DOI: 10.13140/RG.2.1.3854.5769
 273. Allegrucci G, Sbordoni V, Cesaroni D (2015) Is Radon Emission in Caves Causing Deletions in Satellite DNA Sequences of Cave-Dwelling Crickets? *PLoS ONE* 10(3): e0122456. doi:10.1371/journal.pone.0122456.
 274. Sbordoni, V., Bozano, G.C., Wangdi, K., Sherub, S., Marta, S., De Felici, S., Cesaroni, D. 2015. Towards a georeferenced checklist of the butterflies of Bhutan: a preliminary account (Insecta: Lepidoptera). pp. 523-546. In: Hartmann, M. & J. Weipert: Biodiversität & Naturausstattung im Himalaya V. (Biodiversity and natural heritage of the Himalaya V), Verein der Freunde und Foerder des Naturkundemuseums Erfurt e.V. Erfurt, Germany. ISBN 978-3-00-048970-9
 275. Balletto, E., Bonelli, S., Barbero, F., Casacci, L.P., Sbordoni, V., Dapporto, L., Scalercio, per il volume: S., Zilli, A., Battistoni, A., Teofili, C., Rondini, C. (compilatori). 2015. Lista Rossa IUCN delle Farfalle Italiane - Ropaloceri. pp. 1-47. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
 276. Bozano G.C., J.G. Coutsis, P. Heřman, G. Allegrucci, D. Cesaroni, V. Sbordoni. 2016. Pieridae Part 3 (Guide to the Butterflies of the Palearctic Region). Subfamily Coliadinae, Tribes Rhodoceriini, Euremini, Coliadini, Genus Catopsilia & Subfamily Dismorphiinae. Omnes Artes, Milano.
 277. Bozano G.C., Fantoni F. & Sbordoni V. 2016. New data on a little known Chinese species : *Limenitis dubernardi* Oberthür, 1903 (Lepidoptera : Nymphalidae). *Lépidoptères* n° 64 (Volume 25 - 2016).
 278. Gratton, P., Trucchi, E., Trasatti, A., Riccarducci, G., Marta, S., Allegrucci, G., Cesaroni, D. and Sbordoni, V. 2016. Testing Classical Species Properties with Contemporary Data: how ‘Bad Species’ in the Brassy Ringlets (*Erebia tyndarus*/

- complex, Lepidoptera) Turned Good. *Syst.Biol.* 65(2): 292-303. DOI 10.1093/sysbio/syv087
279. Marta, S., Lacasella, F., Gratton, P., Cesaroni, D. and Sbordoni, V. 2016. Deciphering range dynamics: effects of niche stability areas and post-glacial colonization on alpine species distribution. *J. Biogeogr.* – DOI 10.1111/jbi.12771.
280. Sbordoni, V. 2016. Biogeographia: a brief historical outline of the Società Italiana di Biogeografia (SIB). *Biogeographia-The Journal of Integrative Biogeography*. 35:1-2. 15.
281. Pinzari M., Pinzari M., Sbordoni V. 2016. Egg laying behaviour, host plants and larval survival of *Euphydryas aurinia provincialis* (Lepidoptera Nymphalidae) in a Mediterranean population (Central Italy). *Bollettino della Società entomologica italiana*, 121-140.
282. De Felici, S., Sorge, F., Sbordoni, V., & Cesaroni, D. (2016). Scientists by chance: what tell us data from unaware citizen scientists?. In *First International ECSA Conference 2016-Citizen Science-Innovation in Open Science, Society and Policy*. DE.
283. Todisco, V.; Nazari, V.; Cesaroni, D.; Sbordoni V. (2017). Preliminary molecular phylogeny and biogeography of the monobasic subfamily Calinaginae (Lepidoptera, Nymphalidae). *Zoosystematics and Evolution*, 93(2): 297-297.
284. Zappes I.A, Fabiani A, Sbordoni V, Rakaj A, Paillozzi R, Allegrucci G (2017) New data on Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) colonies: A genetic analysis of a top predator from the Ross Sea, Antarctica. *PLoS ONE* 12(8): e0182922.
285. Allegrucci G, Ketmaier V, Di Russo C, Rampini M, Sbordoni V, Cobolli M. (2017). Molecular phylogeography of *Troglophilus* cave crickets (Orthoptera, Rhaphidophoridae): A combination of vicariance and dispersal drove diversification in the East Mediterranean region. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. DOI: 10.1111/jzs.12172
286. Pinzari Manuela, Pinzari Mario, Sbordoni V. (2017). Notes on Life History of *Erycia furibunda* (Diptera Tachinidae), a parasitoid of *Euphydryas aurinia provincialis* (Lepidoptera Nymphalidae). *Redia*, May 2017. DOI 10.19263/-100.17.10.
287. Fabiani A., P. Gratton, I. A. Zappes, M. Seminara, A. D’Orsi, V. Sbordoni, G. Allegrucci (2017) Investigating the genetic structure of trout from the Garden of Ninfa (central Italy): Suggestions for conservation and management. *Fish Manag. Ecol.*, 1-11. DOI: 10.1111/fme.12259
288. Cesaroni D., De Felici S., Riccarducci G., Ciambotta M., Ventura A., Bianchi E. and Sbordoni V. (2017) DNA Barcodes of the animal species occurring in Italy under the European “Habitats Directive” (92/43/EEC): a reference library for the Italian National Biodiversity Network. *Biogeographia-The Journal of Integrative Biogeography*. 32 (2017): 5-23.
289. Latella, L., Sbordoni, V., Allegrucci, G. (2017) Three new species of *Bathysciola* Jeannel, 1910 (Leiodidae, Cholevinae, Leptodirini) from caves in Central Italy, comparing morphological taxonomy with molecular phylogeny. *Insect Systematics & Evolution*. DOI 10.1163/1876312X-00002175
290. Sbordoni V, Allegrucci G, Calcagni M, Cesaroni D (2018) DNA barcoding and species delimitation in two species groups of *Delias* from South East Asia and the SinoHimalayan zone (Insecta: Lepidoptera: Pieridae): 591-601
291. Sbordoni, V., Cesaroni, D., Coutsis, J., & Bozano, G.c. (2018). Guide to the Butterflies of the Palearctic region. Satyrinae part V. (Tribe Satyrini. Genera *Satyrus*, *Minois*, *Hipparchia*). Omnes Artes sas di M. Scala Minardi & C.
292. Sbordoni, V., (2018) Aspetti genetici ed ecologici del declino di popolazioni di farfalle e altri insetti *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LXVI*, 2018: 159-168.
293. Bonelli, S., Casacci, L. P., Barbero, F., Cerrato, C., Dapporto, L., Sbordoni, V., Scalercio S.; Zilli A.; Battistoni A.; Teofili C.; Rondinini, C.; Balletto, E. (2018). The first red list of Italian butterflies. *Insect Conservation and Diversity*, 11(5), 506-521.
294. Pinzari, M., Santonico, M., Pennazza, G., Martinelli, E., Capuano, R., Paolesse, R., D’Amico, Cesaroni, D., Sbordoni, V. & Di Natale, C. (2018). Chemically mediated species recognition in two sympatric Grayling butterflies: *Hipparchia fagi* and *Hipparchia hermione* (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *PloS one*, 13(6), e0199997.
295. Allegrucci, G. and Sbordoni, V. (2019) Insights into the molecular phylogeny of Rhaphidophoridae, an ancient, worldwide lineage of Orthoptera. *Mol Phylogenet Evol.* 2019 Sep;138:126-138. doi: 10.1016/j.ympev.2019.05.032.
296. Marta S, Brunetti M, Ficetola GF, Stoch F, Amori G, Cesaroni D, Sbordoni V, Provenza A. (2019). ClimCKmap, a spatially, temporally and climatologically explicit distribution database for the Italian fauna. *Sci Data*. 2019 Oct 8; 6(1):195. doi: 10.1038/s41597-019-0203-6.
297. Marta, S., Lacasella, F., Cesaroni, D., & Sbordoni, V. (2019). Effects of Holocene climate changes on alpine ecosystems: Nonequilibrium dynamics drive insect species richness on alpine islands. *Journal of Biogeography*, 46(10), 2248-2259
298. Magrini, P., & Sbordoni, V. (2020). A new cave dwelling *Duvalius* from the Aurunci Mountains (Lazio)(Coleoptera: Carabidae). *Fragmenta entomologica*, 52(1), 1-6.
299. De Felici, S., Mazzei, P., Sbordoni, V., & Cesaroni, D. (2021). Scientists by chance: reliability of non-structured primary biodiversity data. Insights from Italian Forums of Natural Sciences. *Biogeographia-The Journal of Integrative Biogeography*, 36.
300. Martellos, S.; Pittao, E.; Cesaroni, D.; Mereu, A.;

- Petruzzella, D.; Pinzari, M.; Sbordonì, V.; Tallone, G.; Attorre, F. (2021) Volunteers Recruitment, Retention, and Performance during the CSMON-LIFE (Citizen Science MONitoring) Project and 3 Years of Follow-Up. *Sustainability* 2021, 13, 11110. <https://doi.org/10.3390/su131911110>
301. Sbordonì, V. (2022). Introduzione. In V. Sbordonì e A. Vigna Taglianti: Fauna ipogea di Turchia. Quaderni di Speleologia III, Circolo Speleologico Romano.
302. Nazari, V., Lukhtanov, V., Naderi, A., Della Bruna, C., Zahiri, R., Cesaroni, D., Sbordonì, V., Todisco, V. (2024). COI Barcodes combined with multi-locus data for representative *Aporia* taxa shed light on speciation in the high altitude Irano-Turanian mountain plateaus (Lepidoptera: Pieridae). *BMC Ecol Evo* 24, 105 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12862-024-02294-3>
303. Fava, S., Sollitto, M., Racaku, M., Iannucci, A., Benazzo, A., Ancona, L., Gratton, P., Florian, F., Pallavicini, A., Ciofi, C., Cesaroni, D., Gerdol, M., Sbordonì, V., Bertorelle, G., Trucchi, E. (2024). Chromosome-level reference genome of the Ponza grayling (*Hipparchia sbordonii*), an Italian endemic and endangered butterfly. *Genome Biology and Evolution* 16 (7), evae136 <https://doi.org/10.1093/gbe/evae136>
304. Martellos, S., Pittao, E., Cesaroni, D., Mereu, A., Petruzzella, D., Pinzari, M., Sbordonì, V., Tallone, G., & Attorre, F. (2025) Correction: Martellos et al. Volunteers Recruitment, Retention, and Performance during the CSMON-LIFE (Citizen Science MONitoring) Project and 3 Years of Follow-Up. *Sustainability* 2021, 13, 11110. *Sustainability*, 17(9), 3927. <https://doi.org/10.3390/su17093927>
305. Gratton P, Todisco V, Cesaroni D, Sbordonì V, Nazari V (2025) Genetic data suggest gene flow within a narrow hybrid zone between two recently separated species in the genus *Parnassius* (Lepidoptera: Papilionidae). *PLoS ONE* 20(4): e0321742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0321742>

COMMEMORAZIONE

ALESSANDRINA MORO ARZONE (1926-2024)

ALBERTO ALMA – LUCIANA TAVELLA

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino

Commemorazione tenuta nella Seduta Pubblica dell'Accademia, XXVIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Siena 18 giugno 2025

Nata a Capriata d'Orba (AL) il 10 dicembre 1926, Alessandrina Moro Arzone (fig. 1) da bambina sopravvive miracolosamente alla disastrosa alluvione causata dal cedimento della diga di Molare, che il 13 agosto 1935 colpisce Ovada e la priva dei genitori. Viene quindi allevata dai nonni materni presso l'azienda agricola di famiglia a Predosa (AL), ambiente in cui ha modo di conoscere e maturare un forte interesse per la vita agreste.



Fig. 1 - Professoressa Alessandrina Moro Arzone

Dopo aver frequentato la scuola elementare a Sale (AL) e la scuola media ad Alessandria, prepara privatamente l'esame di quinta ginnasio, superandolo con ottimi risultati, e prosegue gli studi presso il Liceo Classico di Alessandria. Conseguita la maturità nel 1944, si iscrive all'Università di Torino, dove consegue prima la laurea in Chimica industriale il 18 novembre 1949, poi la laurea in Farmacia il 13 luglio 1951.

Il 1° gennaio 1952, in qualità di assistente straordinaria, fa il suo ingresso nell'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Torino, occupandosi di una tematica di

emergente e crescente rilevanza, allora come oggi, per il mondo agricolo, quale l'impatto degli insetticidi nei riguardi dell'ambiente e degli equilibri naturali. Qui, fin dagli inizi della sua attività, Alessandrina Moro Arzone intreccia un importante e duraturo sodalizio scientifico con il collega e amico prof. Carlo Vidano, che la accompagna nell'arco di tutta la vita sino alla prematura scomparsa di quest'ultimo. Prende quindi avvio la carriera accademica: viene nominata prima assistente ordinaria nel 1963 e aiuto assistente nel 1970, poi incaricata dell'insegnamento di Entomologia agraria per l'anno accademico 1975/76, nonché dell'insegnamento di Zoologia generale dal 1975/76 al 1978/79, che prosegue sino al 1993. Dal 1° novembre 1980, come professore straordinario, e dal 1° novembre 1983, come professore ordinario, ricopre la cattedra di Fitomizologia presso la Facoltà di Agraria dell'Università di Torino. Successivamente, nel novembre 1991, si trasferisce alla cattedra di Entomologia agraria.

Dal 29 settembre 1989 al 24 gennaio 1995 ha ricoperto la carica di direttore dell'Istituto di Entomologia agraria e Apicoltura, poi trasformato nel Dipartimento di Entomologia e Zoologia applicate all'ambiente "Carlo Vidano", e successivamente confluito nel Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (DiVaPRA).

Collocata in quiescenza dal novembre 2002, in qualità di ex docente Alessandrina Moro Arzone ha continuato a frequentare attivamente il dipartimento e il gruppo di entomologia sino al 2021, prodigando i suoi sempre utili e preziosi consigli e osservazioni ai giovani colleghi, assegnisti e dottorandi (fig. 2).



Fig. 2 - La prof.ssa Alessandrina Moro Arzone in aula con colleghi e giovani collaboratori

Alessandrina Moro Arzone ha svolto un'intensa e continua attività didattica. Accanto ai corsi ufficiali, ha tenuto per diversi anni insegnamenti per affidamento gratuito in ambiti quali Patologia apicola, Entomologia agraria, Zoologia viticola, Lotta biologica e integrata, Entomologia urbana ed Entomologia floricola, anche presso le sedi distaccate della Facoltà, a Saluzzo (CN) e Sanremo (IM). Ha svolto un'ampia attività seminariale, fra cui merita sicuramente ricordare i seminari su Biologia di insetti fitomizi e su Auchenorrhynchi viticoli nell'ambito del Dottorato nazionale in Entomologia agraria dell'Alma Mater Studiorum, Università di Bologna (fig. 3). Inoltre, ha tenuto lezioni e seminari su temi di attualità in vari corsi di formazione e aggiornamento rivolti a docenti, tecnici e operatori del settore agricolo e apicolo in diverse regioni italiane, contribuendo in modo significativo alla diffusione delle conoscenze scientifiche e delle pratiche applicative nel settore della difesa.



Fig. 3 - La prof.ssa Alessandrina Moro Arzone e il prof. Carlo Vidano con collaboratori e dottorandi del I e II ciclo del Dottorato nazionale in Entomologia agraria, Università di Bologna

Nel corso della lunga carriera, Alessandrina Moro Arzone ha collaborato attivamente, anche con importanti ruoli di responsabilità, alla gestione amministrativa e tecnica dell'allora Istituto di Entomologia agraria, del Centro di Entomologia alpina e forestale del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), diretto dal prof. Athos Goidanich, e di altri organismi scientifici, partecipando a gruppi di lavoro, progetti nazionali e internazionali e convenzioni con enti pubblici e privati, sempre destinando integralmente alla ricerca i proventi derivanti da tali attività. In questo contesto si colloca anche la fattiva collaborazione al riordino e alla sistemazione della biblioteca dell'Istituto di Entomologia agraria, e al coordinamento delle memorie pubblicate negli Annali di Facoltà per la Facoltà di Agraria dell'Università di Torino.

Ha partecipato inoltre attivamente alla vita accademica, prendendo parte a varie commissioni didattiche, concorsuali e di valutazione. È stata presidente e/o componente in numerosi concorsi per posizioni di tecnico, ricercatore, docente di I e II fascia, per l'Università e per il CNR. È stata membro del Collegio docenti del Dottorato nazionale di Entomologia agraria, sede am-

ministrativa Alma Mater Studiorum – Università di Bologna.

È stata membro di organismi e associazioni scientifiche di rilievo, tra cui la Società Entomologica Italiana, l'Accademia di Agricoltura di Torino e l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. È stata inoltre accademico corrispondente dell'Accademia Italiana della Vite e del Vino ed è stata inserita in importanti repertori internazionali, quali il Dictionary of International Biography, il Who is Who in the World, il Best Europe e il Who is Who in Science and Engineering.

Numerosi sono i progetti in cui Alessandrina Moro Arzone ha ricoperto ruoli di responsabilità scientifica. A titolo di esempio possiamo citare il progetto del CNR Fitofarmaci e fitoregolatori, il progetto CNR-IPRA sull'Indagine speciografica e fitopatologica sugli acchenorrhynchi delle piante agrarie e forestali in Italia, il progetto PRIN 2001 Interrelazioni fra cicaline e loro nemici naturali nell'agroecosistema vigneto. Inoltre ha ricevuto contributi per ricerche dal MURST, dal CNR, dal MAF e da enti pubblici (Regione Piemonte, Regione Liguria, Comune di Torino) e privati. È stata altresì membro di gruppi di lavoro dell'International Organisation for Biological Control – Organisation Internationale de Lutte Biologique (IOBC-OILB) e di comitati scientifici di riviste italiane di difesa delle piante. Si è anche occupata di revisione di lavori scientifici per riviste nazionali e internazionali e di valutazione di progetti di ricerca ministeriali.

Alessandrina Moro Arzone ha partecipato in qualità di relatore a numerosi congressi nazionali e internazionali contribuendo alla disseminazione presso la comunità scientifica dei risultati ottenuti con le proprie ricerche. È stata spesso responsabile scientifico della sessione di entomologia agraria di congressi nazionali e internazionali nonché membro di svariati comitati scientifici di congressi e mostre scientifiche, e membro del comitato organizzatore di congressi nazionali e internazionali. Nel corso della carriera, Alessandrina Moro Arzone ha contribuito anche all'organizzazione di convegni e congressi nazionali e internazionali. Tra questi possiamo ricordare il convegno "Passato e presente dell'apicoltura subalpina" a Torino nel 1982, il Congresso Nazionale Italiano di Entomologia a Sestriere (TO) nel 1983, il 6th Auchenorrhyncha Meeting a Torino nel 1987 e il 4th European Hemiptera Congress a Ivrea nel 2007 (fig. 4), tutti svolti con successo grazie all'efficienza e al rigore che caratterizzavano Alessandrina Moro Arzone.



Fig. 4 - Partecipanti al 4th European Hemiptera Congress, Ivrea (TO), nel 2007

Nel corso della sua attività scientifica, Alessandrina Moro Arzone ha instaurato proficui rapporti di collaborazione con numerose istituzioni internazionali, tra cui a titolo di esempio Station University of Wales di Cardiff (Regno Unito) e Agricultural University of Athens (Grecia), nell'ambito del British Council; Microbiology and Plant Pathology Laboratory of Plant Sciences Institute di Beltsville (Maryland, USA) e programma di cooperazione Italia-Ungheria a Budapest nell'ambito di progetti sulla flavescenza dorata e sui vettori di fitoplasmi agenti di giallumi in vite; Department of Entomology, University of California, Riverside (USA).

Sempre nel contesto degli scambi internazionali, ha svolto periodi di ricerca presso qualificati centri internazionali, tra cui Station de recherches sur les mycoplasmes et les arbovirus des plantes dell'INRA di Dijon (Francia), Agricultural University of Athens (Grecia), Microbiology and Plant Pathology Laboratory of Plant Sciences Institute di Beltsville (Maryland, USA), Central Service for Plant Protection and Soil Conservation di Budapest (Ungheria), consolidando ulteriormente il proprio profilo scientifico in ambito internazionale.

L'attività scientifica di Alessandrina Moro Arzone è documentata da 344 pubblicazioni svolte, in parte in collaborazione, dal 1970 al 2011 rilegate in cinque volumi (fig. 5) e riguardanti diversi ambiti dell'entomologia agraria, con prevalente orientamento verso la ricerca sperimentale. Anche se non è semplice, visti i molti ambiti esplorati nel corso delle ricerche, possiamo tentare di ricondurre gli interessi scientifici di Alessandrina Moro Arzone ad alcune tematiche principali.



Fig. 5 - Le pubblicazioni dal 1970 al 2011 rilegate in cinque volumi

Una prima tematica concerne lo studio tassonomico, morfologico, fisiologico, etologico, corologico ed epidemiologico di insetti fitofagi, responsabili, in modo costante o occasionale, di danni alle colture agrarie e alle piante forestali. In questo contesto grande attenzione è stata rivolta agli insetti esotici introdotti accidentalmente in Italia a partire, per citarne alcuni, dal curculionide *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal e dal tingide *Corythucha ciliata* (Say) passando all'agromizide *Liriomyza trifolii* (Burgess) e al margarodide *Matsucoccus feytaudi* Ducas-

se sino alla psilla *Psylla uncatoides* Ferris & Klyver, al tripide *Frankliniella occidentalis* (Pergande) e al cicadellide *Graphocephala fennahi* Young. Le ricerche su questi nuovi fitofagi prendevano l'avvio da indagini di campo e di laboratorio, a cui Alessandrina Moro Arzone partecipava attivamente, volte ad approfondirne la conoscenza del ciclo biologico e del comportamento nell'ottica di impostare strategie di difesa efficaci dando la preferenza ove possibile alla lotta biologica.

Proprio nella ricerca di antagonisti in grado di limitare i fitofagi sia indigeni sia esotici, si delinea una seconda tematica, rappresentata appunto da svariate indagini volte a individuare i nemici naturali dei fitofagi e valutarne il ruolo di contenimento, al fine di salvaguardarli e/o impiegarli in strategie di difesa delle colture. Per quanto riguarda i fitofagi esotici, Alessandrina Moro Arzone ha collaborato, insieme al prof. Carlo Vidano, alle attività di introduzione, allevamento e disseminazione di insetti entomofagi, come i due mimaridi *Polynema striaticorne* Girault e *Anaphes nitens* (Girault), parassitoidi oofagi rispettivamente del membracide *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke e del curculionide *G. scutellatus*, che si sono insediati sul territorio nazionale e ancora oggi svolgono efficacemente il loro ruolo di contenimento.

Lo studio delle biocenosi e dei complessi di nemici naturali ha costituito un elemento centrale dell'attività di ricerca di Alessandrina Moro Arzone, sotto il profilo sia teorico sia applicativo. Particolare attenzione è stata dedicata sin dagli inizi allo studio degli squilibri biologici causati da interventi antropici negli agroecosistemi, responsabili di improvvise pullulazioni di specie autotone precedentemente non dannose, i cosiddetti "fitofagi acquisiti", quali i microlepidotteri minatori del melo e la psilla del pero, poiché tenuti efficacemente in freno dall'azione dei nemici naturali.

Un'altra tematica correlata all'impiego dei fitofarmaci in agricoltura ha riguardato gli effetti di prodotti chimici sulle api. A partire dal 1970, sono state condotte sperimentazioni volte a saggiare nei confronti delle api all'incirca una settantina di principi attivi, tra cui insetticidi, acaricidi, fungicidi ed erbicidi, mettendo in evidenza in numerosi casi elevati livelli di tossicità. Questi risultati hanno contribuito alla classificazione tossicologica dei prodotti e all'introduzione di restrizioni nel loro impiego durante i periodi di fioritura delle specie di interesse apistico.

Le ampelopatie causate da omotteri cicadellidi costituiscono una ulteriore tematica ricorrente nel corso della carriera di Alessandrina Moro Arzone. Gli studi sui cicadellidi sono stati condotti per indagarne la biologia, gli aspetti nutrizionali e le dinamiche di popolazione nei vigneti piemontesi, in relazione alla fenologia e alle condizioni climatico-ambientali (fig. 6). In stretta connessione si collocano le ricerche sugli achenorinchi, individuati come vettori o potenziali vettori del fitoplasma della flavescenza dorata e di altri giallumi della vite, nonché le indagini sul rilevamento di fitoplasmi e virus nei vegetali e nei relativi insetti vettori, svolte anche nell'ambito di collaborazioni nazionali e internazionali.



Fig. 6 - La prof.ssa Alessandrina Moro Arzone durante un sopralluogo in campo con una collega straniera

Infine, è degna di menzione un'ultima tematica riguardante le ricerche relative agli analoghi degli ormoni giovanili degli insetti, avviate all'inizio degli anni '70 nell'ambito del progetto finalizzato del CNR "Fitofarmaci e fitoregolatori". In tale ambito sono state effettuate prove biologiche e tossicologiche con oltre 250 composti ad azione iuvenilizzante, sintetizzati presso i laboratori di Chimica organica dell'Università di Torino, al fine di valutarne l'attività iuvenilizzante e le potenziali applicazioni in agricoltura. I composti più interessanti sono stati sviluppati in Italia e in Giappone.

Nella sua lunga vita terrena spesa per il gruppo entomologia all'interno dell'Università (fig. 7), Alessandrina Moro Arzone è stata un esempio di rigore scientifico e coerenza, e ha dimostrato di possedere un carattere forte e deciso probabilmente forgiato dalla triste esperienza vissuta in tenera età con la perdita di entrambi i genitori.



Fig. 7 - La prof.ssa Alessandrina Moro Arzone festeggiata in dipartimento per il suo 90° compleanno

COMMEMORAZIONE

ORESTE TRIGGIANI (1945-2024)

EUSTACHIO TARASCO

Dipartimento di Scienze del Suolo della Pianta e degli Alimenti, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, via Amendola 165/A 70126 Bari, eustachio.tarasco@uniba.it

Commemorazione tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 15 Novembre 2025

Il pomeriggio del 9 giugno del 2024, quasi un mese dopo aver compiuto 79 anni, è venuto a mancare a Bari Oreste Triggiani, già Professore di Entomologia Forestale all'Università degli Studi di Bari Aldo Moro e Membro Ordinario dell'Accademia Nazionale di Entomologia. Ho conosciuto il Professore che ero ancora uno studente e ho praticamente trascorso con lui quasi tutta la mia vita lavorativa. Dal dottorato in poi, una frequentazione che è durata trent'anni. Il Professore Triggiani per me è stato sicuramente un maestro ma con lui ho avuto anche un rapporto di rispettosa amicizia e questo scritto vuole essere una rievocazione della sua vita di uomo e di studioso vista attraverso le continue interazioni che io e i colleghi di Bari abbiamo avuto con lui negli ultimi 40 anni e che, oltre l'Entomologia e la Zoologia, hanno riguardato la cultura e la storia di Bari e della regione Puglia, e alcune esperienze derivanti dalle numerose collaborazioni internazionali.

Oreste Triggiani nasce a Bari l'11 maggio 1945 da Bianca Del Prete e Sebastiano Triggiani. Cresce nel quartiere Murattiano della città in una famiglia benestante e l'ambiente in cui trascorre la sua adolescenza indirizzerà la scelta dei suoi studi universitari e la sua intera vita professionale. Gli anni del liceo, che trascorrono presso il prestigioso Istituto Di Cagno Abrescia, lo vedono anche formarsi come schermidore di ottimo livello e nel 1964 partecipa come membro della squadra italiana di Fioretto, Spada e Sciabola a un incontro internazionale, dove si distingue classificandosi nella rosa dei primi 5 sia nella Sciabola che nel Fioretto (Fig. 1 e 2).



Fig. 1 – Oreste Triggiani nel 1964: primo a sinistra della squadra italiana di scherma.



Fig. 2 – Oreste Triggiani nel 1964 durante il conferimento del titolo.

Suo zio Nino, Prof. Pasquale Del Prete, diventa Rettore dell'Università di Bari nel 1959 e avrà una grande influenza sulla crescita culturale e sulle scelte del nipote. In quegli anni il giovane Oreste conosce e frequenta il Prof. Aldo Moro, amico fraterno dello zio Nino (Figg. 3 e 4).

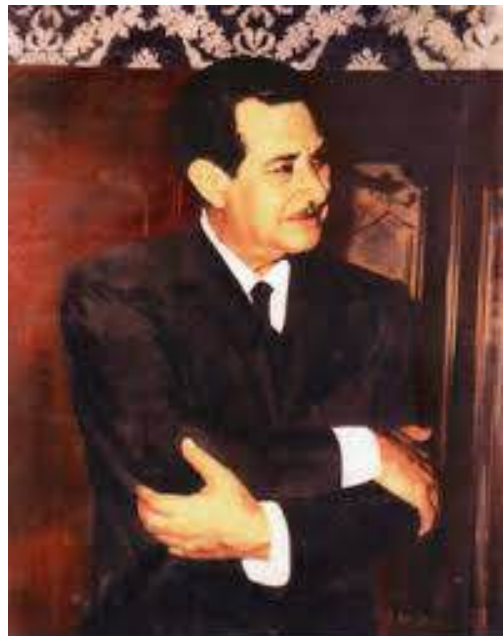


Fig. 3 – Prof. Pasquale Del Prete (Zio Nino)



Fig. 4 – Prof. On. Aldo Moro

E a questo riguardo vale la pena ricordare che la piena e fraterna collaborazione tra Pasquale Del Prete (Rettore dal 1959 al 1969) e Aldo Moro (studente, poi docente della stessa Università e successivamente Deputato e Ministro) produce risultati straordinari: dall'Istituto di alti studi agronomici mediterranei (IAM, oggi CIHEAM Bari, <https://www.iamb.ciheam.org/>), al Palazzo di Giurisprudenza, che più tardi si intitolerà Palazzo Del Prete, all'impostazione del Campus Universitario, opportunamente sviluppato dal successivo Rettore Quagliariello (e intitolato alla sua memoria "Campus Universitario Ernesto Quagliariello"), alla Facoltà di Medicina, costruita da Pasquale Del Prete nel suo decennio di Rettorato, pervenuta ad un livello eccelso e a lungo ritenuta la migliore d'Italia.

Nel 1963 si iscrive alla Facoltà di Agraria di Bari, e già nel 1965 inizia a frequentare da studente l'Istituto di Entomologia agraria di Bari collaborando alle ricerche sulla entomofauna pugliese sotto la guida del Prof. Domenico Roberti. Comincia così la sua avventura entomologica e zoologica su argomenti che segneranno gran parte della sua attività di ricerca e che si accompagnano a una nuova attività sportiva, quella del portiere nelle partite di calcio della squadra dell'allora Istituto di Entomologia, capitanata dal Prof. Raffaele Monaco (Fig. 5).



Fig. 5 – Squadra di calcio dell' "Entomologia" di Bari (1970). Si riconoscono gli Accademici Giorgio Nuzzaci (il secondo da sinistra in alto), Raffaele Monaco (primo da sinistra, in basso) e Oreste Triggiani (primo a destra, in tenuta da portiere).

Un deciso e fortuito impulso alla sua attività in ambito scientifico arriva poco prima della laurea quando nel 1968 Oreste partecipa alla scoperta del fossile di una balenottera di circa 2 milioni di anni, in località Lamasinata (il "Canalone" di Fesca a Bari), un evento di grande rilievo scientifico e storico per la città. Gli scopritori danno al fossile il nome di "Annalisa" (Figg. 6 e 7).



Figg. 6 e 7 – Ritrovamento della balenottera "Annalisa" a Fesca di Bari nel 1968

La Balena Annalisa fu rinvenuta per caso da quattro giovani amici (Enzo Indraccolo, Vittorio Stagnani, Nicola Cervini e Oreste Triggiani) che camminando su strane forme pietrificate pensarono inizialmente si trattasse di resti (vertebre e/o costole e/o mandibole) di un dinosauro sin quando, l'allora Magnifico Rettore dell'università di Bari, Pasquale Del Prete (lo zio Nino), fece venire a Bari Annalisa Berzi e Vittorio Borselli del Museo paleontologico di Firenze. Fatto un sopralluogo Berzi e Borselli stabilirono essere il fossile di una balena alla quale gli scopritori dettero il nome Annalisa (in onore della paleontologa fiorentina). Il fossile si presentava come una lisca di ben undici metri, fu tagliato orizzontalmente e diviso in cinque bloc-

chi che furono trasportati prima in un cortile dell'Ateneo e poi nel Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro. I paleontologi dell'università di Bari l'hanno sistemata ricostruendo lo stesso ambiente di dove fu rinvenuta nel 1968 (Fig. 8). La balenottera del Pleistocene ha ispirato il libro "I giorni della balena - La storia del ritrovamento di Annalisa" di Vincenza Montenegro (Fig. 9). Il racconto è affidato alla stessa Annalisa, che prende la parola per raccontare di quando il suo fossile è stato ritrovato da quattro grandi amici e portato in salvo con la complicità di tutta la cittadinanza, racconto che esalta il potere dell'amicizia e del senso civico e l'amore per i luoghi in cui si vive. Valori questi che ben hanno rappresentato la vita di Oreste Triggiani.



Figg. 8 e 9 – La balenottera Annalisa nel Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro (8); il libro "I giorni della balena - La storia del ritrovamento di Annalisa" di Vincenza Montenegro (9).

Il 2 aprile del 1969 si laurea col massimo dei voti e viene subito invitato a continuare la sua collaborazione con l'allora Istituto di Entomologia. La sua carriera

scientifica e accademica si svolge interamente presso l'Ateneo di Bari e ha inizio subito dopo la laurea, con l'incarico di tecnico laureato, nel 1971 viene nominato Assistente ordinario (Fig. 10), nel 1974 ottiene la qualifica di "Aiuto"; nel 1980 supera il concorso per Professore Associato e nel 1990 risulta vincitore del concorso a Professore di ruolo di 1° fascia, e viene chiamato a ricoprire la cattedra di "Entomologia Forestale" presso la Facoltà di Agraria di Bari, ruolo che ricoprirà fino al suo pensionamento, il 3 dicembre 2011.



Fig. 10 – Terrazza del giovane Istituto di Entomologia (1971) presso la Facoltà di Agraria di Bari: l'Accademico Domenico Roberti, Direttore, attorniato dai suoi allievi (in senso orario: Luigi De Marzo, Raffaele Monaco, Rina Ippolito, Franco Frilli, Giorgio Nuzzaci, Mario Solinas, Oreste Triggiani; accosciati: Teodoro Moleas detto Totò e Paolo Parenzan).

Da giovane assistente completa la sua formazione scientifica con due fondamentali periodi all'estero che segneranno tutta la sua attività futura. Indirizzato e invogliato dal Prof. Roberti allo studio della Patologia degli Invertebrati nel 1972 svolge un periodo di studio e ricerca in Polonia presso l'Istytut Ochrony Roslin (Institute of Plant Protection) di Poznan collaborando con il Prof. Jerzy Lipa e il suo gruppo di lavoro (il nematologo dott. Marek Tomalak, la micologa dott.ssa Danuta Sosnowska e la virologa dott.ssa Jadwiga Ziemińska). Poi nel periodo 1974-75 si trasferisce con la moglie Susanna a Berkeley, USA, dove lavorerà a stretto contatto con il Prof. Gorge Poinar Jr. A indirizzarlo verso il laboratorio di George Poinar fu Mauro Martignoni (1926-2000), già Professore di Insect Pathology all'Università della California di Berkeley, con cui era in contatto e con il quale mantenne una amichevole corrispondenza e una collaborazione scientifica durante e dopo il suo soggiorno in America (Martignoni è stato un membro fondatore della Society for Invertebrate Pathology e a lui è dedicato uno dei premi della Society "Mauro E. Martignoni Student Paper Award"). Con George Poinar, svolge una pionieristica attività di ricerca sulle patologie degli insetti, e sui nematodi entomopatogeni in particolare, e dalla collaborazione con Poinar è nata un'amicizia sincera, con lui e la sua famiglia, durata tutta la vita. Nel 1981 tornerà come Ricercatore Associato all'Università della California a Berkeley e nel 1996 coordinerà come Convenor Italiano insieme a George

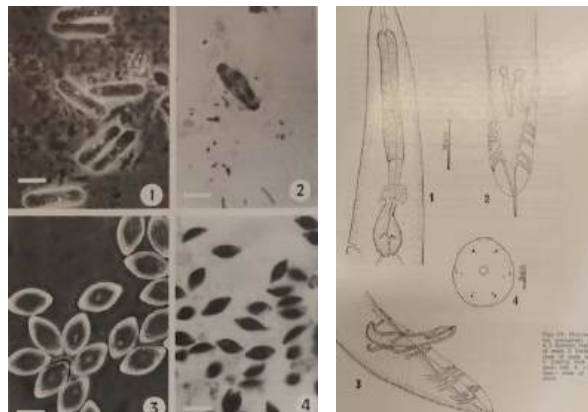
Poinar, la sezione 21 “General and applied Insect Pathology” in occasione del XX Congresso Internazionale di Entomologia di Firenze (Figg. 11 e 12).



Figg. 11 e 12 – Oreste Triggiani in laboratorio a Berkeley (1974) (11) e con George Poinar Jr. e famiglia durante il XX Congresso Internazionale di Entomologia di Firenze (1996) (12).

Nel campo della Patologia degli invertebrati conduce a partire da questi anni importanti ricerche che continueranno negli anni a seguire presso l'Università di Bari, dopo i soggiorni all'estero, sempre e soprattutto collaborando con i colleghi delle Università di Poznan e Berkeley. Scopre e descrive nuove specie di nematodi, protozoi e virus associati agli insetti. Nel dettaglio, un nuovo genere di protozoo: *Apicystis* gen. nov. *Apicystis bombi* comb. nov. (Protozoa: Neogregarinida), parassita di *Bombus* e *Apis* (Fig. 13); tre nuove specie di protozoi: 1. *Gregarina nymphaeae* sp.n. Eugregarina, parassita del coleottero *Galeruca nymphaeae* (Fig. 14), 2. *Menzbieria adelae* sp.n. (Neogregarinida) e 3. *Nosema adelae* sp.n. (Microsporida), in *Adela reamurella* L. (Lepidoptera, Incurvariidae)¹; un Virus della poliedrosi citoplasmatica nel Lepidottero *Blepharita solieri*; tre nuove specie di nematodi: una nuova specie

(descritta insieme a Poinar) di Rhabditidae *Oryctonema pentodontis* sp. n. nell'apparato riproduttore del coleottero *Pentodon punctatus* (Fig. 15) e, da coautore, due nuove specie di nematodi entomopatogeni: *Steinernema apuliae* sp.n. e *Steinernema ichnusae* sp.n., attualmente rinvenuti solo in Italia (Fig. 16).



Figg. 13, 14 e 15 - *Apicystis bombi*, *Gregarina nymphaeae*, *Oryctonema pentodontis*.

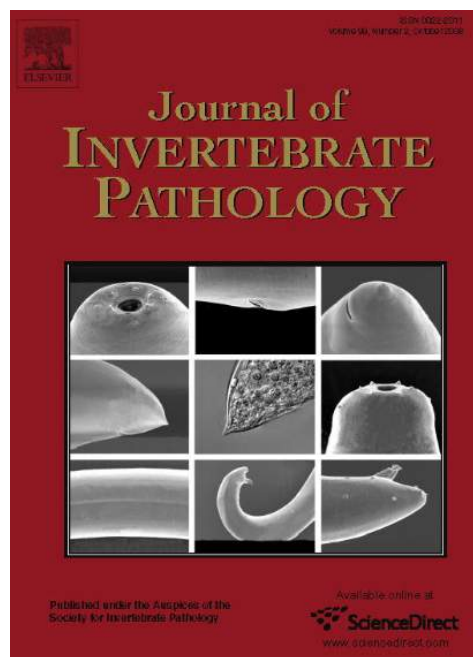


Fig. 16 – Copertina del Journal of Invertebrate Pathology (2008), con le immagini SEM dello *Steinernema ichnusae*.

1 - Si riportano generi e specie così come riportati dall'autore all'epoca della pubblicazione.



Fig. 20 – Oreste Triggiani con il Prof. Riziero Tiberi durante prove di controllo biologico con EPN su processionaria della quercia in Toscana nel 2008.

A partire dai primi anni 2000 conduce ricerche volte al rinvenimento in Italia, Albania e Algeria di funghi e nematodi entomopatogeni, valutandone la biodiversità e il loro ruolo ecologico nei diversi ecosistemi mediterranei. Vengono raccolti migliaia di campioni di terreno da più di 800 siti diversi in gran parte delle Regioni italiane, e isolati funghi entomopatogeni appartenenti ai generi *Beauveria*, *Metarhizium* e *Lecanicillium*, e numerosi nematodi entomopatogeni appartenenti alle famiglie Steinernematidae e Heterorhabditidae. Questi vengono caratterizzati tramite studi morfologici e analisi molecolare. Sia i funghi che i nematodi entomopatogeni sono conservati presso il laboratorio di Patologia degli Insetti del Dipartimento DiSSPA dell'Università di Bari e presso il CREA DC di Firenze, dove, collaborando con il Direttore Pio Federico Roversi, partecipa anche al programma di crioconservazione di nematodi entomopatogeni in atto presso i laboratori del Centro delle Cascine del Riccio.

Nelle sue ricerche il Prof. Triggiani ha sempre voluto promuovere il trasferimento di conoscenze nel territorio. Per questo, ha partecipato al coordinamento del Progetto sul monitoraggio e il controllo della processionaria del pino della Regione Puglia a partire dalla seconda metà degli anni '80. I dati progressivamente disponibili sulle fluttuazioni d'abbondanza sono stati analizzati con metodi statistico-matematici e hanno consentito di verificare in termini obiettivi la periodicità delle pullulazioni e l'influenza della complessità dell'ecosistema sulla frequenza delle gradazioni della *Thaumetopoea pityocampa* nelle pinete pugliesi. Coinvolto in progetti di ricerca in Entomologia Forestale e Agraria supportati dal CNR e MURST (PRIN 1998 “Progressi nel Controllo integrato degli insetti defogliatori delle foreste”; PRIN 2001 “Il ruolo dei coleotteri scolitidi del genere *Tomicus* Latreille nel deperimento dei pini in Puglia; sempre in ambito forestale non sono mancate le indagini sui fitofagi infedati ai pini e in particolari sugli insetti xilofagi con studi sulle emergenze fitosanitarie di pinete, e anche quercete, che si sono presentate in Puglia, dovute soprattutto ai Coleotteri

xilofagi del genere *Tomicus* spp.; PRIN 2004 “Ricerca finalizzata alla caratterizzazione Ecologico-Funzionale di tipologie standard di verde urbano e periurbano (REFER)”; PRIN 2007 “Presenza e diffusione naturale dei nematodi entomopatogeni in Italia e loro potenziale come agenti di controllo biologico degli insetti nocivi in habitat agricoli, urbani e forestali nella Regione Puglia), nel 2006-2009 ha partecipato al Progetto bilaterale Italia-Algeria (Ministero degli Esteri) “Indagini sulla presenza e distribuzione dei nematodi e funghi entomopatogeni in Italia meridionale e Algeria e loro possibile utilizzo nel controllo di insetti dannosi in ambienti agro-forestali”. Riguardo ai Progetti di Ateneo è stato responsabile scientifico di: “Danni e prospettive di controllo di *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, 1790 (Coleoptera, Curculionidae)” (2008) (Fig. 21), “Nematodi e funghi entomopatogeni per il controllo integrato dei parassiti del verde urbano e periurbano” (2006), “Nematodi e funghi parassiti degli insetti nel verde urbano e periurbano” (2004), “Biologia, etologia e controllo di *Anoxia matutinalis* Castelnau (Coleoptera, Scarabaeidae)” (2003), “Nematodi e funghi entomopatogeni dell'Italia meridionale” (2002), “Nematodi entomopatogeni dell'Italia meridionale e loro ruolo ecologico nel controllo delle popolazioni di insetti in natura” (2001).



Fig. 21 – Triggiani mentre misura la temperatura interna di un tronco di palma infestata da *Rhynchophorus ferrugineus*

Ha collaborato con la Protezione Civile e la Regione Puglia conducendo una serie di ricerche sulla processionaria del pino nel territorio pugliese e ha coordinato le varie fasi del controllo del defogliatore con preparati

biologici sul litorale ionico della Puglia. Le sue profonde conoscenze delle problematiche forestali ne hanno fatto un autorevole punto di riferimento per le Amministrazioni Regionali della Puglia e della Basilicata, dove ha partecipato al coordinamento per la pianificazione e la programmazione delle attività di prevenzione, lotta e monitoraggio contro le avversità fitosanitarie forestali. Ha inoltre partecipato al “Progetto Ardeidi” della Regione Puglia sullo Studio e Monitoraggio dell’Avifauna migratoria e nidificante della foce dell’Ofanto coordinando la realizzazione del Volume Progetto Ardeidi (2007).

Per l’attività didattica e istituzionale nell’Università di Bari, il Prof. Triggiani ha dato un notevole apporto organizzativo partecipando attivamente agli aggiornamenti didattici e alla gestione dei corsi di studio in ambito Forestale. Oltre alla cattedra di “Entomologia Forestale”, presso i corsi di laurea della Facoltà di Agraria di Bari ha ricoperto anche la docenza dei seguenti corsi: Dal 1976 al 1978 ha svolto l’incarico dell’insegnamento di Acarologia, dal novembre 1978 a 2010 l’incarico di Zoologia forestale venatoria e acquicoltura (attualmente Zoologia forestale), e nel 1988/89 1989/90 è stato incaricato dell’insegnamento di Entomologia agraria. Ha fatto parte del Collegio dei Docenti per il Dottorato di Ricerca in “Patologia vegetale” (per i Cicli XVI, XVII e XVIII dal 30/10/2002 al 15/11/2005). Dal 2007 in poi è stato componente del Collegio dei docenti nel Dottorato di ricerca in “Ingegneria del territorio e dell’ambiente agroforestale” (XXII, XXIII, XXIV e XXV ciclo). Nel 1999, 2003, 2004 è stato commissario e/o presidente nelle commissioni giudicatrice del concorso a posti di professore universitario di prima e seconda fascia per il settore scientifico-disciplinare Agr 11 (ora Agri05/A), e componente e commissario in numerose commissioni giudicatrici per il conferimento del titolo di Dottore di ricerca e conferma a professore di I e II fascia.

Accademico Ordinario dell’Accademia Italiana di Entomologia dal 2012, il Prof. Triggiani ha fatto parte della Società Entomologica Italiana (per un solo anno, nel 2009) ed è stato membro dell’International Organization for Biological Control (IOBC) e della Society for Invertebrate Pathology (SIP); per entrambe le organizzazioni ha collaborato a livello editoriale con le relative riviste internazionali, Bulletin e BioControl per l’IOBC e il Journal of Invertebrate Pathology per la SIP. È stato delegato italiano delle Azioni Cost 842, sul Controllo Biologico di insetti e acari nocivi con particolare riferimento alle Entomophthorales, e Cost 850, sulla Simbiosi del Biocontrollo (Complessi simbiotici per il controllo biologico dei parassiti). Componente dell’Editorial Board della rivista “REDIA”.

Le ricerche in ambito forestale e urbano sono state condotte nell’ambito di progetti che hanno visto la partecipazione di colleghi entomologi italiani e stranieri e che hanno promosso anche collaborazioni interdisciplinari con i patologi e selvicoltori. Insieme ai Proff. Rudolf Wegensteiner della Università Boku di Vienna (Austria), Prof. Candido Santiago Alvarez dell’Univer-

sità di Cordoba (Spagna) e il Prof. Bernard Papierok dell’Institute Pasteur di Parigi (Francia), ha avviato e consolidato nel tempo delle importanti collaborazioni. Ed è stato l’Organizzatore del 10th Meeting “Invertebrate Pathogens in Biological Control: Present and Future” (Locorotondo, Bari, 10-15 giugno 2005) meeting dell’Organizzazione Internazionale per il controllo Biologico ed Integrato (IOBC/WPRS) Gruppo di lavoro “Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests” tenutosi a Locorotondo nel 2005 (Figg. 21, 22, 23 e 24). Queste collaborazioni si sono poi trasformate in profonde amicizie che sono durate nel tempo e che lo hanno accompagnato negli anni anche dopo la sua andata in pensione.





Figg. 21, 22, 23 e 24 – Meeting IOBC nel 2005 a Locorotondo (BA): Oreste Triggiani nella seduta inaugurale (21); nel workshop sui nematodi entomopatogeni con la Prof. Patricia Stock, e i Dott. Zdenek Mracek e Vladimir Puza (22), con la Dott.ssa Pilar Castro della Commissione Europea (23) e con i colleghi Proff. Rudolf Wegensteiner dell'Università Boku di Vienna, Austria (a destra) e Candido Santiago Alvarez dell'Università di Cordoba, Spagna (a sinistra) (24).



Fig. 25 – XVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia nel 1991 a Martina Franca: foto di gruppo dell'Istituto di Entomologia (organizzatore del Congresso).



Fig. 26 – XVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia nel 1991 a Martina Franca: foto autografa di Marco Triggiani, figlio di Oreste.

Il Professore stava bene insieme alle persone e trovava un grande piacere a partecipare ai congressi sia internazionali che nazionali, come in occasione del XVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia nel 1991 a Martina Franca dove è stato uno degli organizzatori, dedicandovi grandi energie e passione, unitamente al gruppo che allora componeva l'Istituto di Entomologia di Bari (Figg. 25 e 26).

L'impegnativa attività scientifica e didattica è stata corredata da una più vasta passione zoologica soprattutto per anfibi e rettili, ma anche volatili. Il Prof. Triggiani coltivava con passione non minore lo studio degli anfibi e rettili sul piano della sistematica e della faunistica, rivolgendo i suoi interessi soprattutto all'allevamento e riproduzione di Sauri in cattività. Con stima e affetto lo ricordano gli amici del Club Acquariologico Erpetologico Barese (CAEB) di cui faceva parte e dove teneva saltuariamente interessanti e seguitissimi seminari (Figg. 27 e 28).



Figg. 27 e 28 – Seminario erpetologico del prof. Triggiani presso il CAEB di Bari nel 2013.

Il Prof. Triggiani ha scritto anche pubblicazioni di carattere divulgativo rivolte a tecnici del settore o a un pubblico più ampio. Questi testi sono un punto di riferi-

mento per i tecnici forestali e per gli studenti dei corsi di scienze forestali.

Grazie alle fotografie delle numerose raccolte entomologiche compiute in diversi ambienti del Parco Regionale della Murgia Materana e a una paziente attività di allevamento in laboratorio, con il Prof. Triggiani, abbiamo pubblicato nel 2004 la prima edizione della “Guida agli Insetti del Parco”, particolarmente ricca di immagini degli stadi di sviluppo di più di 400 specie di insetti. Guida che di recente ha visto la luce nella sua seconda edizione (Fig. 29) con una dedica alla sua memoria.



Fig. 29 – Guida Entomologica del Parco Regionale della Murgia Materana, che di recente ha visto la luce nella sua seconda edizione con una dedica alla memoria del Prof. Triggiani.

La sua capacità di comunicare e la sua naturale accoglienza nei confronti dei giovani ne hanno fatto anche un apprezzato educatore, come testimoniato dalle innumerevoli tesi di laurea e di dottorato di cui è stato relatore. Riceveva dimostrazioni di simpatia dagli studenti nonostante il rigore e l'obiettività con cui il professore giudicava la preparazione degli esaminandi per i quali ha sempre avuto un assoluto rispetto anche formale. Nelle lezioni agli studenti universitari, il Prof. Triggiani usava un linguaggio chiaro, ma tecnico e preciso, senza cedere a banali semplificazioni che sminuissero l'importanza della disciplina. Il Prof. Oreste Triggiani è stato per i suoi allievi un grandissimo punto di riferimento come docente e come scienziato e ha lasciato linee di ricerca ancora attive e una ricca rete di collaborazioni che rendono più semplice il lavoro dei ricercatori del

Dipartimento. Accompagnava, infatti, ad una indiscussa autorevolezza una natura empatica che lo portava a stabilire legami di simpatia e, spesso, di amicizia con le persone che frequentava anche solo occasionalmente per lavoro. I suoi rapporti con i suoi colleghi e con i suoi allievi non sono mai stati improntati solo agli aspetti professionali ma ha sempre partecipato anche emotivamente alle vicende private. Fu testimone di nozze di uno dei suoi studenti, Giovanni Ferrara, cui rimase legato per tutta la vita (Fig. 30).



Figg. 30 e 31 – il Prof. Oreste Triggiani con il Dott. Giovanni Ferrara (30); copertina del suo primo romanzo “Riservato a Prof. e Matisse”

Oreste Triggiani era una persona introversa ma altruista senza mai essere invadente, sobrio ed elegante, a volte ombroso e pensoso ma dal carattere affabile, sempre puntuale, un ricercatore dotato di iniziativa e di grande curiosità, con una carica umana e sensibilità non comune. Lavoratore instancabile, cordiale e ironico, era animato da una grande passione di promuovere l'interesse per la natura, gli insetti, gli anfibi e i rettili, e desideroso di trasmettere conoscenze e far crescere le competenze tra i

suoi studenti e collaboratori. Preciso e a volte scorbutico, nei rapporti era sempre corretto e disponibile.

Più libero dagli impegni professionali, negli anni recenti si era dedicato ai viaggi e alla scrittura e nel settembre 2023 è stato pubblicato il suo primo, e purtroppo unico, romanzo “Riservato a Prof. e Matisse” (Palomar ed.) (Fig. 31).

Per i suoi amici, per i suoi colleghi, per i suoi allievi e per i suoi familiari, l'esempio che ci ha dato rappresenta la sua più importante eredità. Lo salutiamo con questa recente fotografia che lo ritrae insieme al figlio Marco (Fig. 32).

Con l'abbraccio dell'Accademia a Susanna, Marco e Caterina, e agli amati nipoti Edoardo e Lucia



Fig. 32 – Oreste Triggiani con il figlio Marco

BIBLIOGRAFIA DEL PROF. ORESTE TRIGGIANI

1. Triggiani O., 1971 – *La Margaronia unionalis* Hb. (*Piralide dell'olivo*) - Entomologica, Bari, 7: 29-47.
2. Triggiani O., 1973 – *Alternative all'inquinamento da insetticidi in agricoltura e nelle foreste: i microrganismi patogeni degli insetti*. Atti III° Simposio Nazionale Conservazione della Natura: 291-299.
3. Triggiani O., 1973 – *Note biologiche sulla Deraeocoris flavilinea* Costa (*Rynchota-Heteroptera*) - Entomologica, Bari, 9: 137-145
4. Triggiani O., 1973 – *Contributo alla conoscenza dell'azione svolta dai nemici naturali degli afidi del mandorlo* (*Amygdalus communis*) in agro di Bari. Entomologica, Bari 9, 119-135.
5. Triggiani O., 1974 – *Fattori che influenzano la comparsa di malattie virali tra gli insetti*. Atti IV Simposio Nazionale Conservazione della natura, 83-91.
6. Poinar G.O. Jr., Triggiani O., Merritt R.W., 1976 – *Life history of Eudlipogaster aphodii* (*Rhabditidae: Diplogasteridae*), as a facultative parasite of *Aphodius fimetarius* (*Coleoptera: Scarabeidae*). Nematologica 22, 79-86.
7. Triggiani O., Poinar G.O. Jr., 1976 – *Infection of adult Lepidoptera by Neoplectana carpocapsae* (*Nematoda*). Journal Invertebrate Pathology 27, 413-414.
8. Triggiani O., 1976 – *L'utilizzazione della Neoplectana carpocapsae* (*Nematoda: Steinernematidae*) nella lotta contro gli insetti dannosi. Atti XI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Portici-Sorrento: 379-382.
9. Monaco R., Parenzan P., Triggiani O., 1977 – *La Euxoa temera* Hb. (*Lepidoptera: Noctuidae*) dannosa in Puglia. Entomologica, Bari 13: 165-181.
10. Monaco R., Triggiani O., 1977 – *Prova di efficacia del Bacillus thuringiensis e del Dimilin nei riguardi del Prays oleae*. Informatore Fitopatologico 4: 9-11.
11. Luisi N., Triggiani O., 1977 – *Sui recenti casi di seccumi nei cipressi*. Informatore Fitopatologico 10: 13-16.
12. Triggiani O. 1978 – *La Microsetia sexguttella* Thunberg (*Lepidoptera: Gelechiidae*) microlepidottero minatore delle foglie di *Chenopodium album* L. Entomologica, Bari 14: 9-24.
13. Poinar G. O. Jr., Triggiani O., 1979 – *Oryctonema pentodontis* sp. n. (*Rhabditidae*) from the genital system of *Pentodon punctatus* Vill. (*Scarabeidae: Coleoptera*) in Italy. Nematologica Mediterranea. 7: 117-121.
14. Triggiani O. 1979 – *Preliminari prove di lotta con il Bacillus thuringiensis* Berl. e *Borrelinavirus* reprimens contro le larve della *Porthetria* (*Lymantria*) dispar L. (*Lepidoptera: Lymantriidae*) sul *Fragno* (*Quercus troyana* Webb.). Collana Programma finalizzato "Promozione qualità ambiente" AP/1/89. Entomologica, Bari 15: 103-115.
15. Triggiani O., 1980 – *Controllo degli insetti fitofagi per mezzo dei microrganismi patogeni*. In: *Prospettive di controllo biologico degli insetti in agricoltura*. Collana Programma finalizzato "Promozione qualità ambiente" C.N.R. AQ/1/51-56.
16. Laccone G., Triggiani O., 1980 – *Applicazione della "soglia economica" nella lotta contro la tignola dell'olivo* (*Prays oleae* B.). Atti giornate fitopatologiche, 395-400.
17. Triggiani O., 1980 – *Prove di suscettibilità delle larve della Lymantria dispar* L. (*Lepidoptera: Lymantriidae*) a varie concentrazioni di *Bacillus thuringiensis* Berl. var. kurstaki e *Baculovirus* (*sottogruppo A*) tra di loro combinate. Collana Programma finalizzato "Promozione qualità ambiente" C.N.R. AP/171. Entomologica, Bari 16: 5-12.
18. Triggiani O., 1980 – *Presenza di Baculovirus* (*sottogruppo A*) tra le popolazioni larvali della *Lymantria dispar* L. (*Lepidoptera: Lymantriidae*) nell'Italia Meridionale. Collana Programma finalizzato "Promozione qualità ambiente" C.N.R. AP/172. Entomologica, Bari 16: 13-15.
19. Nuzzaci G., Triggiani O., 1982 – *Osservazioni ultrastrutturali in larve di Blepharita* (Crino) solieri Boisd. (*Lepidoptera: Noctuidae*) colpite da una *poliedrosi citoplasmatica*. Entomologica, Bari 17: 23-30.
20. Triggiani O., Sidor C., 1982 – *Prove di controllo microbiologico della Processionaria del pino* (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) nelle pinete in Puglia. Entomologica, Bari 17, 91-102.
21. Nuzzaci G., Triggiani O., 1982 – *Note sulla bioecologia in Puglia della Lobesia* (*Polichrosis*) botrana Schiff.) (*Lepidoptera: Tortricidae*) infeudata su *Daphne gnidium*. Entomologica, Bari 17, 47-52.
22. Triggiani O., 1983 – *Gravi attacchi di Tomicus piniperda* L. (*Coleoptera: Scolytidae*) nelle pinete del litorale ionico (nota preliminare). Atti XII Congresso Nazionale di Entomologia. Sestriere-Torino, 391-398.
23. Macchia F., Nuzzaci G., Triggiani O., 1983 – *Rapporti tra Cenopalpus wainsteini* (Livsh e Mitrof.) ed alterazioni morfo-fisiologiche di *Pinus halepensis* Mill nei rimboschimenti delle murge pugliesi di nord-ovest. Entomologica Bari 18: 225-230.
24. Triggiani O. 1983 – *Sensibilità del Tomicus* (*Blastophagus*) *piniperda* L. (*Coleoptera: Scolytidae*) a *Nematodi della famiglia Steinernematidae e Heterorhabditidae*. Entomologica, Bari 18: 215-223.
25. Triggiani O., 1984 – *Tomicus* (*Blastophagus*) *piniperda* L. (*Coleoptera: Scolytidae, Hylesininae*): *biologia, danni e controllo nel litorale ionico*. Entomologica, Bari 19: 5-21.
26. Triggiani O. 1984/85 – *Osservazioni sull'Hexameris albicans* (Von Siebold) Pol. e Art. (*Nematoda: Mermithoidea*) parassita di larve di *Lepidoteri fitofagi sul Fragno* (*Quercus trojana* Webb.). Frustula Entomologica. Nuova serie, coll. VII-VIII (XX-XXI): 521-526.

27. Triggiani O., 1985 – *Influenza dei Nematodi della famiglia Steinernematidae Heterorhabditidae sul parassitoide Apanteles ultor RHD (Hymenoptera: Braconidae)*. La difesa delle piante 2: 293-300.
28. Triggiani O., 1986 – *Mortality caused by Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in overwintering populations of Xanthogaleruca (=Galerucella) luteola Mull. (Coleoptera: Chrysomelidae)*. Entomologica, Bari 21: 13-18.
29. Triggiani O., 1986 – *Osservazioni sulla bioetologia della Dioryctria pineae (Stgr.) (Lepidoptera: Phycitidae) e sul suo parassitoide Elachertus geniculatus (Ratz.) (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. Entomologica, Bari 21: 141-153.
30. Lipa J.J., Triggiani O., 1987 – *Infection of Leptomonas pyrrhoris Zotta (Trypanosomatidae) in the gut and in hemolymph of Pyrrhocoris Eugregarina: apterus L. (Hemiptera)*. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roslin, XXIX: 37-41.
31. Triggiani O. 1988 – *Insetti defogliatori del Fragno*. Umanesimo della pietra 3: 13-16.
32. Triggiani O., Ippolito R., 1988 – *Prove di efficacia di alcuni acaricidi nei riguardi del Tyrophagus similis Volgin (Acarida: Acaridae) su spinacio*. Informatore Fitopatologico 2, 43-48.
33. Triggiani O., Santini L., 1988 – *Fattori entomologici nel deperimento delle pinete litoranee ioniche e tirreniche*. Atti del "Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno". Firenze 15-16 ottobre 1987: 325-337.
34. Lipa J.J., Triggiani O., 1988 – *Crithidia bombi sp.n. a flagellated parasite of bumble-bee Bombus terrestris L. (Hymenoptera: Apidae)*. Acta Protozoologica Vol. 27, n. 3/4, 287-290.
35. Triggiani O., Lipa J.J., 1989 – *Gregarina nymphaeae sp.n. a new Eugregarine parasite of Galeruca nymphaeae L. (Chrysomelidae)*. Acta Protozoologica 28 (1), 41-47.
36. Triggiani O., Lipa J.J., 1989 – *Pathogens occurring in a population of Tortrix viridana L. (Tortricidae) in Southern Italy*. Entomologica, Bari 24, 139-143.
37. Triggiani O. 1990 – *Il ruolo degli insetti nel deperimento delle pinete costiere*. Umanesimo della pietra n.5: 31-33.
38. Bari G., Triggiani O., 1991 – *Indagini sulla Zeuzera pyrina L. negli oliveti in Puglia*. Atti XIV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia Bari-Martina Franca (Ta) 23-28 settembre 1991, 631-645.
39. Lipa J. J., Triggiani O., 1991- *Menzbieria adalae sp.n. (Neogregarinida) and Nosema adalae sp.n. (Microsporida), two new protozoan parasites of Adela reamurella L. (Lepidoptera, Incurvariidae) in Italy*. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria E, T. 21, Z. 1/2, 79-82.
40. Triggiani O., 1991 – *Micro e macroorganismi endozoici in adulti di Bombus Latr. e Psithyrus Lep. (Hymenoptera: Apidae)*. Atti XVI Congr. Naz. di Entomologia. Bari-Martina Franca (Ta) 23-28 settembre: 587-597.
41. Ferrara G., Triggiani O. 1992 – *Etologia del Gufo comune nelle murge di nord ovest*. Umanesimo della pietra n. 7: 37-42.
42. Lipa J.J., Triggiani O., 1992 – *A newly recorded neogregarine (Protozoa, Apicomplexa), parasite in honey bees (Apis mellifera) and bumble bees (Bombus spp.)*. Apidologie 23: 533-536.
43. Triggiani O., 1992/93- *Rilievi sui lepidotteri tortricidi del fragno (Quercus trojana Webb.) e loro antagonisti biologici, in Puglia*. Entomologica, Bari 27- 85,105.
44. Triggiani O., De Lillo E., Addante R., 1992/963 – *La processionaria del pino Thaumetopoea pityocampa (Den. Et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), e i suoi nemici naturali in Puglia*. Entomologica, Bari 27: 139-167.
45. Tarasco E., Triggiani O., 1994 – *Antagonisti biologici delle eopupe e delle crisalidi della Thaumetopoea pityocampa (Denis et Schiffermuller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)*. Atti XVII Congresso Nazionale di Entomologia. Udine 13-18 giugno 1994: 785-786.
46. Ippolito R., Triggiani O., 1995 – *Efficacia di Heterorhabditis e Steinernema feltiae Fili. (=bibionis) (Nematoda) nei riguardi di larve di Lepidotteri Nottuidi su carciofo*. Informatore Fitopatologico 9, 55-60.
47. Lipa J.J., Triggiani O., 1996 – *Apicystis gen nov Apicystis bombi (Liu, Macfarlane & Pengelly) comb nov (Protozoa: Neogregarinida), a cosmopolitan parasite of Bombus and Apis (Hymenoptera: Apidae)*. Apidologie 27- 29,34.
48. Triggiani O., Tarasco E., 1996 – *Biology and ecology of Curculio (Balaninus) propinquus (Desbrochers) in southern Italy*. XX International Congress of Entomology: Firenze, Italy, August 25-31, 1996.
49. Triggiani O., Tarasco E., 1996 – *Micro and macro organisms in wild Apidae adults in Southern Italy*. XX International Congress of Entomology: Firenze, Italy, August 25-31, 1996.
50. Battisti A., Longo S., Tiberi R., Triggiani O., 1996 – *Microbial control of the Pine Processionary Caterpillar, Thaumetopoea pityocampa Den. & Schiff., in Italy (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)*. XX International Congress of Entomology: Firenze, Italy, August 25-31, 1996
51. Triggiani O., Tarasco E., 1997 – *Rilievi sulla presenza e diffusione del nematode Sphaerularia bombi Dufour (Nematoda, Tylenchida, Allantonematidae) in Italia meridionale*. Entomologica, Bari 31, 77-97.
52. Tarasco E., Triggiani O. 1997 – *Survey of Steinernema and Heterorhabditis (Rhabditida: Nematoda) in Southern Italian soils*. Entomologica, Bari 31, 117-123.
53. Tarasco E., De Bievre C, Papierok B., Poliseno M., Triggiani O., 1997 – *Occurrence of entomopatho-*

- genic fungi in soils in Southern Italy. Entomologica, Bari 31, 157-166.
54. Battisti A., Longo S., Tiberi R., Triggiani O. 1998 – *Results and perspectives in the use of Bacillus thuringiensis Berl. var. kurstaki and other pathogens against Thaumetopoea pityocampa (Den. Et Schiff.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae)*. Anz. Schadlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 71-72,76
 55. Triggiani O., Tarasco E., 1998 – *Aspetti di biologia e morfologia del Curculio (Balaninus) propinquus (Desbrochers) (Coleoptera. Curculionidae)*. Entomologica, Bari, 32: 179-193
 56. Tarasco E., Triggiani O., 1998 – *Infectivity comparison between “red” and “green” isolates of Heterorhabditis bacteriophora Poinar 1976 (Rhabditida: Nematoda) in relation to temperature*. Entomologica, Bari 32: 201-210.
 57. Tarasco E., Triggiani O., 1999 – *Infectivity comparison among chromatic and non-chromatic strains of Heterorhabditis bacteriophora Poinar 1976 (Rhabditida: Nematoda) in relation to temperature*. VII European Meeting IOBC/WPRS Working Group. Vienna, Austria, 22-26 marzo, 1999.
 58. Triggiani O., Tarasco E., 2000 – *Indagini sui nematodi entomopatogeni (Rhabditidae: Steinernematidae e Heterorhabditidae) in pinete e querceti dell’Italia meridionale*. Entomologica, Bari 34: 23-32.
 59. Triggiani O. E. Tarasco, 2000 - *Confronto di mobilità di Steinernema spp. e Heterorhabditis spp. (Nematoda/ Rhabditida) in relazione a differenti sospensioni in acqua ed in gel*. Entomologica, Bari 34: 7-22.
 60. Triggiani O., Tarasco E., 2000 – *Preliminary studies on the application of Steinernematid nematodes against overwintering larvae of pine processionary caterpillar; Thaumetopoea pityocampa Den. Et schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)*. Atti XXI International Congress of Entomology, Foz do Iguazu, Brazil, 20-26 Agosto, 2000.
 61. Triggiani O., Tarasco E 2001 – *Application of Entomopathogenic nematodes to control overwintering larvae of Thaumetopoea pityocampa (Den. Et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)*. VIII European Meeting IOBC/WPRS Working Group. Atene, Grecia, 29 maggio-2 giugno, 2001.
 62. Triggiani O., Tarasco E., 2001- *Preliminary attempts to control overwintering populations of Thaumetopoea pityocampa (Den. Et Schiff.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae) with Steinernema feltiae (Filipjev, 1934) (Nematoda, Steinernematidae)*. Entomologica, Bari 35, 7-15.
 63. Triggiani O., Tarasco E., 2002 – *Efficiency and persistence of entomopathogenic nematodes in controlling larval populations of Thaumetopoea pityocampa (Den. et Schiff.) (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)*. Biocontrol, Sciences and Technology 12, 747-752
 64. Triggiani O. E. Tarasco, 2002 – *Controllo invernale di Thaumetopoea pityocampa (Den. Et Schiff.) (Lepidoptera Thaumetopoeidae) con Nematodi entomopatogeni*. Atti XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia Catania 10-15 giugno 2002, pagg. 803-809.
 65. Tarasco E., Triggiani O. 2002 – *Ingenti attacchi del Coleottero Scarabeide Anoxia (Mesanoxia) matutinalis ssp. matutinalis Castelnau, 1832 nelle pinete del Salento*. Atti XIX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia Catania 10-15 giugno 2002, pagg. 939-943.
 66. Triggiani O., Tarasco E., 2002 – *Long Nematode strains from Italy*. COST 850 Biocontrol Symbiosis WG 3 Biotechnology Workshop and Meeting (title: Molecular Identification and Taxonomy of Undescribed Species of Long-dauer Juvenile Phenotype from Europe and Southern Mediterranean Regions). Budapest and Debrecen, Hungary, April 4-6, 2002.
 67. Tarasco E., Triggiani O., 2002 – *Desiccation tolerance of Italian Long Nematodes*. COST 850 Biocontrol Symbiosis WG 3 Biotechnology Workshop and Meeting (title: Molecular Identification and Taxonomy of Undescribed Species of Long-dauer Juvenile Phenotype from Europe and Southern Mediterranean Regions). Budapest and Debrecen, Hungary, April 4-6, 2002.
 68. Tarasco E., Triggiani O. 2002 – *Entomopathogenic nematodes of forest habitats in Southern Italy and their ecological role in controlling forest pests*. International Symposium on Entomological Research in Mediterranean forest ecosystems. Rabat (Marocco), 6-10 Maggio 2002.
 69. Tarasco E., Triggiani O., 2002 – *Biocontrol of Rhytidoderes plicatus Oliv. (Coleoptera, Curculionidae) in potted savoy cabbage with entomopathogenic nematodes*. Entomologica, Bari 36, 157-164
 70. Susurluk, I. A., Holmer, S., Mehta, U. K., Han, R., Tarasco, E., Triggiani, O., Peters, A. and Ehlers, R.-U., 2003 – *Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy and Germany by PCR-RFLP of the ITS region*. 9th European Meeting Growing Biocontrol Markets Challenge Research and Development Schloss Salzau, Germany, 23-29 May, 2003.
 71. Triggiani O., 2003 - *Nematodi entomopatogeni*. Atti Convegno Nazionale “Nematodi quali agenti biologici di controllo su insetti di rilevanza sia per l’agricoltura che per la salute”. Progetto MIUR-Cluster C06+07. Perugia, Etruscan Chocohotel 26 settembre.
 72. Triggiani O., 2003 – *Il target: Oziorrinco*. Atti Convegno Nazionale “Nematodi quali agenti biologici di controllo su insetti di rilevanza sia per l’agricoltura che per la salute”. Progetto MIUR-Cluster C06+07. Perugia, Etruscan Chocohotel 26 settembre.
 73. Triggiani O., Mracek Z. & Reid A., 2004 – *Stein-*

- nernema apuliae sp. n. (*Rhabditida*, *Steinernematidae*), a new entomopathogenic nematode from southern Italy. *Zootaxa*, 460, 1-12.
74. Triggiani O., Tarasco E., 2004 – *Evaluation of entomopathogenic nematodes for control of Corythucha ciliata Say (Rynchocha: Tingidae) overwintering adults – preliminary note*. XXII International Congress of Entomology. 15-21 August 2004. Brisbane Queensland Australia.
75. Tarasco E., Triggiani O., 2004 – *Use of Italian EPNs in controlling Rhytidoderes plicatus Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in potted savoy cabbages*. IOBC/ wprs Bulletin Vol 28 (3): 9-12
76. Tarasco E., Triggiani O. 2005- “*Long Nematodes” strains (Steinernema glaseri group) from Italy*. *Nematol. Medit.* (2005), 33 (Suppl): 115-118.
77. Sabbatini Previeri G., Tiberi R., Triggiani O., Tarasco E., 2005- *Impiego di semiochimici nel monitoraggio e nel controllo di Tomicus destruens (Woll.) (Coleoptera: Scolytidae) in Toscana e Puglia*. *Entomologica*, Bari, 30, 169-182.
78. Wegensteiner R., Triggiani O., 2005 – *Observation on the occurrence of two protozoan species in Bombus hortorum from serendipity sampling in The Netherlands*. In: 10TH European Meeting IOBC/WPRS, Locorotondo, Italy, June 10 - 15, 2005, p. 156.
79. Tarasco E., Triggiani O., 2006 – *Evaluation and comparison of entomopathogenic nematodes and fungi to control Corythucha ciliata Say (Rhynchocha Tingidae)*. *Redia* LXXXIX pp 51-54.
80. Triggiani O., Tarasco E., 2006 – *Progress in EPN use and research in Italy*. Summit workshop Cost Action 850 “Biocontrol Symbiosis”, Salzgau, Germany 1-6 June, 2006: 82.
81. Lorusso L., Tarasco E., Laforteza R., Poliseno M., Ferrara G., Sanesi G., Triggiani O., 2006 – *Assessing species diversity (insects and birds) in the context of periurban parks: the case of Lama Balice, Bari*. IUFRO Unit 8.01.03 “Landscape Ecology”, Locorotondo, Italy, 26-29 September, 2006.
82. Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Gli organismi entomopatogeni per il controllo degli infestanti nel verde urbano*. Convegno “Gestione delle emergenze parassitarie nel verde urbano e periurbano”, Flormart, Padova, 16 febbraio 2007.
83. Palmisano G., Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Indagini sull’entomofauna della Valle d’Itria*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007, 73
84. Altini E., Tarasco E., Gallo M., Triggiani O., 2007 – *I lepidotteri diurni della riserva naturale regionale orientata dei “Laghi di Conversano e di Gravina di Monsignore” e note di biologia di Zerynthia polyxena (Lepidoptera, Papilionidae)*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007, 74.
85. Santarcangelo V., Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Due anni di indagini sull’entomofauna del Parco della Murgia materana*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007. p. 75
86. Tarasco E., Susurluk A., Ehlers R., Triggiani O., 2007 – *Molecular characterization of Italian EPN strains by RFLP analysis of the ITS region of the ribosomal DNA repeat Unit*. IOBC/wprs Vol 30 (1) Bulletin 10th European Meeting Invertebrate Pathogens in Biological Control: Present and Future”. at Locorotondo, Bari (Italy), 23-29 June 2005. Edit. by: Bernard Papierok, 47-49.
87. Tarasco E., Triggiani O. 2007 – *Biological characterization of Steinernema apuliae: first contribution*. IOBC/wprs Bulletin vol 30 (1) 10th European Meeting Invertebrate Pathogens in Biological Control: Present and Future”. at Locorotondo, Bari (Italy), 23-29 June 2005. Edit. by: Bernard Papierok. pp.43-45.
88. Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Entomopathogenic nematodes and forest insects in Italy*. IOBC/wprs Bulletin Vol 30 (1) 10th European Meeting Invertebrate Pathogens in Biological Control: Present and Future”. at Locorotondo, Bari (Italy), 23-29 June 2005. Edit. by: Bernard Papierok. Edit. by: Bernard Papierok. pp.63-65.
89. Vlora A., Tarasco E., Poliseno M., Triggiani O., 2007 – *Effect of UV-B radiations on Steinernema apuliae (Steinernematidae)*. IOBC/wprs Bulletin Vol 30 (1) 10th European Meeting Invertebrate Pathogens in Biological Control: Present and Future”. Locorotondo, Bari (Italy), 23-29 June 2005. Edit. by: Bernard Papierok Edit. by: Bernard Papierok. pp. 27-31.
90. Fatone V., Tarasco E., F. Porcelli, Triggiani O., 2007 – *Indagini su Bioetologia e morfologia di Parahypopta caestrum (Hubner, 1808) (Lepidoptera, Cossidae) nelle asparagie pugliesi*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007. p. 233
91. Nicassio F., Tarasco E., F. Porcelli, Triggiani O., 2007 – *Diffusione della zanzara tigre nelle aree urbane della Puglia*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007. p. 323
92. Triggiani O., Tarasco E. 2007 – *Utilizzo di nematodi entomopatogeni per applicazioni fogliari contro Xanthogaleruca luteola (Müller, 1766) (Coleoptera Chrysomelidae)*. Proceedings XXI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Campobasso 11-16 giugno 2007. p 394.
93. Susurluk I. A., Tarasco E., Ehlers R.-U., Triggiani O., 2007 – *Molecular characterisation of entomopathogenic nematodes isolated in Italy by PCR-RFLP analysis of the ITS region of the ribosomal DNA repeat unit*. *Nematologia Mediterranea*, 35: 23-28.
94. Lorusso L., Laforteza R., Tarasco E., Sanesi G., Triggiani O., 2007 – *Tipologie strutturali e caratteristiche funzionali delle aree verdi periurbane: il caso di studio della città di Bari*. *L’Italia forestale e montana*, 62 (4): 249-265.

95. Sabbatini Peverieri G., Tiberi R., Triggiani O. 2007 – *Biology of Tomicus destruens (Coleoptera, Scolytidae) in pine stand of Central and South Italy*. IUFRO WP 7.03.05 “Natural enemies and other multi-scale influences on forest insects”. 9th-14th September 2007, Vienna, Austria: 37.
96. Ferrara G., Tellini Fiorenzano G., Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Studio e monitoraggio dell'avifauna migratoria e nidificante della foce dell'Ofanto*. “Progetto Ardeidi” Studio e monitoraggio dell'avifauna migratoria e nidificante della foce dell'Ofanto Comune di Barletta. Grafiche Finiguerra: 13-29.
97. Tarasco E., Mazzei A., Brandmayr P., Santarcangelo V., Lorusso L., Triggiani O., 2007 – *La carabidofauna del Parco Naturale Regionale Lama Balice (Ba) (Coleoptera, Carabidae)*. 68° Congresso Nazionale Unione Zoologica Italiana onlus. Lecce 24-27 Settembre 2007: 76-77.
98. Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Utilizzo di nematodi entomoparassiti per il controllo di insetti dannosi a essenze vegetali di are urbane e periurbane*. - IX Congresso Nazionale Società Italiana di Nematologia. Cascine del Riccio - Firenze 22-24 Novembre 2007. p. 27.
99. Ferrara G., Tellini Fiorenzano G., Tarasco E., Campedelli T., Triggiani O., 2007 – *Dinamiche spaziali e temporali lungo un gradiente foce-intero nell'alveo del fiume Ofanto (Puglia)*. Atti XIV Congresso Italiano di Ornitologia, Trieste, 26-30 Settembre 2007.
100. Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Occurrence of entomopathogenic nematodes and fungi in oak wood soils from southern Italy*. 5th Meeting IOBC, WG “Integrated Protection in oak forests”, University of Tlemcen (Algeria) 22-25 October 2007: 14.
101. Tarasco E., Mazzei A., Brandmayr P., Lorusso L., Triggiani O., 2007 – *Analisi della diversità funzionale di coleotteri carabidi (Coleoptera, Carabidae) del Parco naturale Lama Balice (Puglia)*. Entomologica, Bari, vol. 40, pp. 41-49.
102. Triggiani O., Tarasco E., 2007 – *Applying entomopathogenic nematode to Xanthogaleruca luteola (Coleoptera Chrysomelidae) infested foliage*. Redia, XC: 29-31.
103. Triggiani O., 2007 – *Controllo microbiologico di insetti forestali*. Notiziario sulla protezione delle Piante n. 21: 115-134.
104. Tarasco E., Triggiani O., 2007 – *Gli organismi entomopatogeni per il controllo degli infestanti del verde urbano*. Convegno “Gestione delle emergenze parassitarie nel verde urbano e perturbano” Flormart, Padova 16 febbraio 2007.
105. Tarasco E., Ferrara G., Tellini Fiorenzano G., Cafagna V., Glionna M., Macirella L., Triggiani O., 2007 – *Progetto Ardeidi. Studio e monitoraggio dell'avifauna migratoria e nidificante della foce dell'Ofanto*. Ed. Finiguerra - Comune di Barletta. pp. 1-152.
106. Ferrara G., Tellini Fiorenzano G., Tarasco E., Triggiani O., Lorusso L., Laforteza R., Sanesi G., 2008 – *L'avifauna come indicatore di biodiversità in ambito urbano: applicazione in aree verdi della città di Bari*. Monti e boschi, vol. 63, n. 2: 137-159.
107. Lorusso, Sanesi G., Laforteza R., Tarasco E., Triggiani O., 2008 – *Indicatori di diversità biologica nel verde urbano: la coleotterofauna della città di Bari*. Atti X Congresso Nazionale SIEP-IALE Ecologia e governante del Paesaggio. Esperienze e Prospettive: Bari, 22-23 maggio 2008 pp 449-452.
108. Tarasco E., Mracek Z., Nguyen K.B., Triggiani O., 2008 – *Steinernema ichnusae sp.n. (Nematoda: Steinernematidae) a new entomopathogenic nematode from Sardinia Island (Italy)*. Journal of invertebrate Pathology: Journal of Invertebrate Pathology, October 2008, 173-185.
109. Cusi E., Triggiani O., Irdani T., Tarasco E., Roversi P.F. 2008 – *First results of Entomopathogenic Nematodes cryopreservation in liquid nitrogen and storage at -140°C*. IX Congresso Nazionale Società Italiana di Nematologia. Cascine del Riccio - Firenze 22-24 Novembre 2007. REDIA XCL pp.181-183.
110. Tarasco E., Mracek Z., Nguyen K.B., Triggiani O. 2008 – *A new steinernematid epn from Sardinia island (Italy)*. IOBC wprs Bulletin 11th European Meeting “From laboratory to field key points” Alès, Gard, France, June 3-7, Vol. 31. Eds: Ehlers R.-U, Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuck C., pp 264-266.
111. Tarasco E., Porcelli F., Polisenso M., Quesada Moraga E., Santiago Alvarez C., Triggiani O., 2008 – *Natural occurrence of Entomopathogenic fungi infecting the Red Palm Weevil Rhynchophorus ferrugineus (Oliver, 1970) (Coleoptera, Curculionidae) in Southern Italy*. IOBC wprs Bulletin 11th European Meeting “From laboratory to field key points” Alès, Gard, France, June 3-7, Vol. 31. Eds: Ehlers R.-U, Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuck C. pp 195-197.
112. Triggiani O., Tarasco E., 2008 – *Foliar application of EPNs to control Xanthogaleruca luteola Muller (Coleoptera, Chrysomelidae)*. IOBC wprs Bulletin 11th European Meeting “From laboratory to field key points” Alès, Gard, France, June 3-7, Vol. 31. Eds: Ehlers R.-U, Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuck C. pp 294-296.
113. Marannino P., Santiago Alvarez C., de Lillo E., Tarasco E., Triggiani O. Quesada Moraga E. 2008 – *Biocontrol of Capnodis tenebrionis (L.) (Col. Buprestidae) with entomopathogenic fungi*. IOBC wprs Bulletin 11th European Meeting “From laboratory to field key points” Alès, Gard, France, June 3-7, Vol. 31. Eds: Ehlers R.-U, Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuck C. pp. 319-326.
114. Tarasco E., Porcelli F., Polisenso M., Quesada Moraga E., Santiago Alvarez C., Triggiani O. 2008 – *Natural occurrence of Entomopathogenic fungi infecting the Red Palm Weevil Rhynchophorus*

- ferrugineus (Oliver, 1970) (Coleoptera, Curculionidae) in Southern Italy. IOBC wprs Bulletin 11th European Meeting "From laboratory to field key points" Alès, Gard, France, June 3-7, Vol. 31. Eds: Ehlers R.-U, Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuk C. pp 195-197.
115. Tarasco E., Clausi M., Rapazzo G., Vinciguerra M., Longo A., Triggiani O. 2009 – *Could Italy be considered a favorite place in Europe for EPN biodiversity?* IOBC wprs Bulletin 12th European Meeting "Future Research and Development in the Use of Microbial Agents and Nematodes for Biological Insect Control" Pamplona, Spain, June 22-25, Vol. 45. Eds: Ehlers R.-U, Crickmore N., Enkerli J., Blazer I., Lopez-Ferber M. & Tkaczuk C. pp. 387-389.
116. Luisi N., Tiberi R., Triggiani O., 2009 – *La gestione delle problematiche fitosanitarie nel contesto dei sistemi colturali*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 Ottobre 2008. pp 626-631.
117. Tarasco E Triggiani O., 2009 – *Contribution to the knowledge of insect-nematode association*. IOBC/ WPRS BULLETIN, vol. 45; p. 383-386.
118. Triggiani O., 2009 – *Strategie di controllo con entomopatogeni*. Biotecniche e Nuove Frontiere nella Difesa degli Ecosistemi Forestali. Firenze 27 novembre 2009.vol. 57, pp. 99-106.
119. Marannino P., Tarasco E., Triggiani O., 2010 – *Laboratory evaluation of Beauveria bassiana (Bals., Criv.) Vuill. and Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorokin mediterranean fungi isolates against adults of Capnodis tenebrionis (L.) (Coleoptera Buprestidae)*. Redia vol. 93: 15-18.
120. Tarasco E, Triggiani O., 2010 – *Desiccation tolerance of Algerian strains of entomopathogenic nematodes*. Redia vol. 93, pp. 75-78.
121. Triggiani O., 2010 – *Strategie di controllo con entomopatogeni*. In: Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia 2009. Firenze, p. 99-106.
122. Tarasco E., Triggiani O., 2010 – *Guida agli insetti del Parco della Murgia Materana*. Collana Parco-murgia. pp 1-160.
123. Triggiani O., Tarasco E, 2010 – *Previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi boschivi nella regione Puglia*. Atti convegno Aula Magna-Facoltà di Agraria 19 febbraio 2010 pp. 43-53.
124. Oreste M., Tarasco E, Poliseno M., Bubici G., Triggiani O., 2011 – *In vitro thermal regimes of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana (Vuill.) Bals. and Metarhizium anisopliae (Metch.) Sorok IOBC/WPRS Insect Pathogens and Entomopathogenic Nematodes*. Biological Control in IPM Systems: Innsbruck (Austria) 19-23 June 2011 Eds. Ralf-Udo E., Crickmore N., Enkerli J., Glazer I., Kirchmair M., Lopez-Ferber M., Neuhauser S., Strasser H., Tkaczuk C, Traugott M. pp. 159-162.
125. Tarasco E., Santiago Alvarez C., Triggiani O., Quesada Moraga E., 2011 – *Laboratory studies on the competition for insect haemocoel between Beauveria bassiana and Steinernema ichnusae recovered in the same ecological niche*. Biocontrol Science and Technology, Volume 21, Issue 6 June 2011, pp. 693-704.
126. Oreste M., Bubici G., Poliseno M., Triggiani O., Tarasco E. 2012 – *Pathogenicity of Beauveria bassiana (Bals., Criv.) Vuill. and Metarhizium anisopliae (Metschn.) Sorokin against Galleria mellonella L. and Tenebrio molitor L. in laboratory assay*. Redia vol. 95.

ECOLOGIA CHIMICA DEGLI INSETTI: NUOVI APPROCCI PER IL CONTROLLO SOSTENIBILE DELLE SPECIE DANNOSE

SERGIO ANGELI

Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali e Alimentari, Libera Università di Bolzano, Piazza Università 1, 39100, Bolzano

Email: sergio.angeli@unibz.it

Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 22 febbraio 2025.

Chemical ecology of insects: new approaches for sustainable pest control

Insect chemical ecology is becoming one of the most promising frameworks for redesigning crop protection in a more selective and sustainable way. This review provides an overview of the contribution of Sergio Angeli's research group and collaborators at the Free University of Bozen-Bolzano, linking it with recent international literature on volatile organic compounds, semiochemicals, smart monitoring, and non-target effects. After a short discussion of the ecological limits of pesticide-dependent agriculture, the paper examines a few interconnected research lines: herbivore-induced plant volatiles and diel emission patterns; the chemical ecology of *Drosophila suzukii*, with particular attention to yeast-associated cues; semiochemical- and camera-based monitoring of tortricid pests, especially *Cydia pomonella*; and broader applications of chemical ecology to other key systems, including *Halyomorpha halys*, *Ips typographus*, and apple aphids. Taken together, these studies show that sustainable pest management increasingly depends on understanding how signals are produced, perceived, and translated into behaviour under field conditions. The overall contribution is therefore relevant not only for basic entomology, but also for the design of operational tools for integrated pest management, especially in orchard systems where selectivity, timing, and continuous monitoring are crucial.

KEY WORDS: Chemical ecology, VOCs, semiochemicals, integrated pest management, *Drosophila suzukii*, *Cydia pomonella*, honey bee, smart traps

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni la protezione delle colture è entrata in una fase di profonda trasformazione. L'efficacia storica degli insetticidi di sintesi non può essere negata, ma è ormai evidente che una difesa fondata quasi esclusivamente sulla soppressione chimica del fitofago, attraverso l'uso di molecole xenobiotiche ad azione biocida, genera costi ecologici e biologici difficilmente sostenibili nel lungo periodo. La letteratura ha documentato in modo convincente fenomeni di resistenza in quasi tutte le specie di insetti dannosi alle colture agrarie, semplificazione delle reti trofiche, effetti indiretti sugli artropodi utili e rischi letali e subletali per gli impollinatori, con ricadute sulla stabilità funzionale degli agroecosistemi e persino sulla salute umana (BLACQUIERE *et al.*, 2012; FAVARO *et al.*, 2022; BASU *et al.*, 2024, MICHALKO *et al.*, 2024; WAN *et al.*, 2025; ZHOU *et al.*, 2025). Lo dimostra, fra gli altri aspetti, il progressivo ritiro dal mercato di numerose sostanze attive largamente impiegate in passato a seguito delle valutazioni dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA): tra queste, il neonicotinoide imidacloprid, il cui uso in pieno campo è stato vietato nell'Unione Europea nel 2018 (regolamento di esecuzione UE 2018/783), con scadenza definitiva dell'approvazione a dicembre 2020; gli organofosforici clorpirifos e clorpirifos-metile vietati dal 2020 (regolamento di esecuzione

UE 2020/17) e, più recentemente, il phosmet, la cui approvazione non è stata rinnovata nel 2022 (con divieto d'uso totale dal 1 novembre 2022, regolamento di esecuzione UE 2022/94), e lo spirotetramat, per il quale l'approvazione è scaduta il 30 aprile 2024 (regolamento di esecuzione UE 2024/1207), con termine ultimo per l'impiego delle scorte fissato al 30 ottobre 2025, fatta salva la deroga eccezionale concessa in Italia per il periodo aprile-luglio 2026.

In questo contesto, l'ecologia chimica degli insetti si è affermata come uno dei campi più promettenti per rendere la difesa più selettiva e meno impattante sull'ambiente. Insetti, piante e microrganismi comunicano e si regolano vicendevolmente infatti da milioni di anni attraverso un complesso sistema di segnali molecolari, mediati in gran parte dai composti organici volatili (VOCs), che nel caso degli insetti orientano la ricerca dell'ospite, la scelta del sito di ovideposizione, l'aggregazione dei conspecifici, l'alimentazione, la loro difesa e le interazioni tri-trofiche, fra pianta ospite, fitofago e suo predatore (Fig. 1). Questi composti costituiscono un vero e proprio alfabeto molecolare che, interpretato in modo differente da moltissime specie, dà origine a una miriade di "linguaggi chimici", a volte sovrapposti e a volte estremamente specifici in base alle condizioni nelle quali essi sono emessi e percepiti, alla pressione selettiva esercitata dall'ecosistema e al tipo di interazione. I messaggi molecolari emessi da piante,

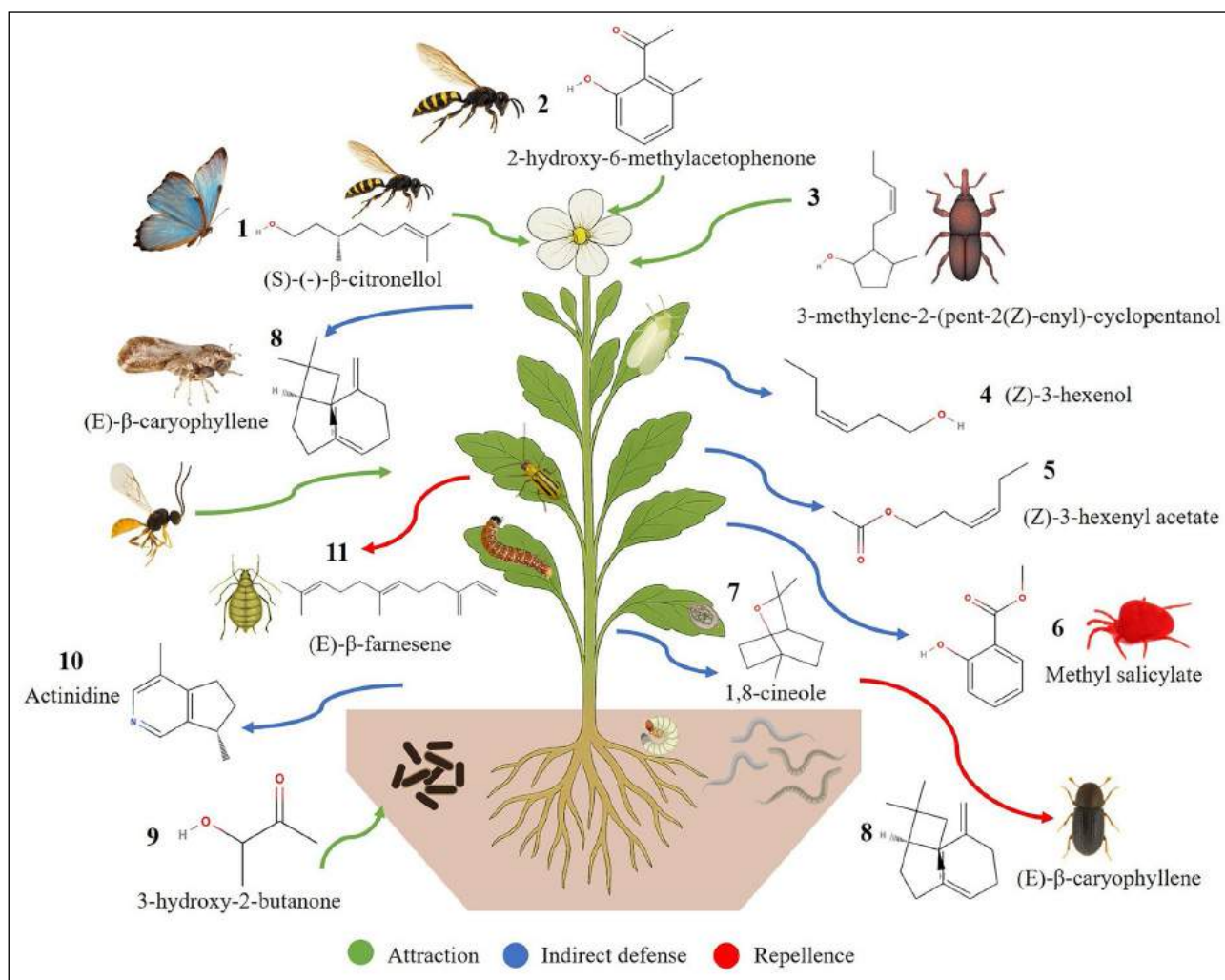


Fig. 1 - Rappresentazione schematica dei composti volatili emessi dalle piante e del loro ruolo ecologico nelle interazioni con insetti e organismi del suolo. I composti illustrati sono emessi da diverse specie vegetali e influenzano diverse specie di insetti (dalla review di Fuentes-Lopez *et al.*, 2025).

insieme ai feromoni degli insetti e ai segnali prodotti da lieviti e batteri, non costituiscono semplici marker analitici, ma veri e propri mediatori ecologici che regolano gli ecosistemi (HACQUARD e MARTIN, 2024; LI *et al.*, 2025).

Capire come questi segnali siano prodotti, percepiti e tradotti in comportamento significa aprire la strada a una gestione dei fitofagi meno dipendente dagli attuali insetticidi di sintesi, i quali si basano principalmente sulla mera soppressione dell'insetto target. L'approccio integrato e la conoscenza approfondita della biologia degli ecosistemi, anche in campo agrario, permettono di affrontare il controllo degli insetti dannosi con una visione olistica delle reali interazioni e dei rapporti che regolano le varie specie, intervenendo, quando possibile, per modificarne l'equilibrio (GREGG *et al.*, 2018; GUERRERO e REDDY, 2023; THOMAS *et al.*, 2023).

All'interno di questo quadro, i lavori sviluppati presso la Libera Università di Bolzano dal gruppo di ricerca di Sergio Angeli occupano una posizione di notevole interesse. Nel corso degli anni essi hanno collegato studi di base sulla percezione olfattiva a ricerche applicate su VOCs di origine vegetale e microbica, su specie invasive come *Drosophila suzukii* e *Halyomorpha halys*, su specie dan-

nose 'classiche', quali la carpocapsa e gli afidi del melo, la mosca e la cecidomia dell'olivo, nonché il bostrico dell'abeto. Tali studi hanno integrato l'uso di queste sostanze a tecniche di precisione, quali le *smart traps*, e allo sviluppo di modelli previsionali di popolazione, valutando inoltre gli effetti degli insetticidi di sintesi sugli impollinatori. Il filo conduttore è riconoscibile, la ricerca non si limita a identificare dei nuovi composti ad azione semiochimica, ma prova a comprenderne la funzione ecologica e a valutarne l'utilità nel contesto della difesa integrata e biologica. Questo contributo propone quindi una overview di tali lavori, mettendoli in relazione con la letteratura scientifica internazionale sul medesimo argomento.

ECOLOGIA CHIMICA E DIFESA SOSTENIBILE

L'interesse contemporaneo per i semiochimici nasce da una constatazione tutto sommato semplice: molte decisioni cruciali degli insetti sono mediate da segnali olfattivi, e dunque possono essere intercettate, deviate o sfruttate, interferendo con i tanti linguaggi naturali che si basano sulla percezione delle sostanze volatili. Non si tratta solo di eliminare il fitofago, ma di intervenire sui

processi che governano la localizzazione dell'ospite, l'incontro tra i sessi, la scelta del substrato alimentare e la sincronizzazione con i ritmi ambientali. Per questo motivo l'ecologia chimica è oggi al centro di strategie quali monitoraggio avanzato, *attract-and-kill*, *push-pull*, *mass trapping* e *female removal* (Fig. 2) (TURLINGS e ERB, 2018; GROSS e FRANCO, 2022; KNIGHT *et al.*, 2022; FAVARO *et al.*, 2024; AVESANI *et al.*, 2025). Un secondo aspetto decisivo riguarda la struttura stessa del segnale. La letteratura più recente mostra che l'insetto raramente risponde a un composto isolato; più spesso interpreta miscele dipendenti dal contesto, dallo stadio fenologico della pianta, dall'attacco erbivoro, dalla presenza di microrganismi e dalla finestra temporale di emissione. Per questa ragione, le ricerche più avanzate integrano analisi del volatiloma, elettrofisiologia antennale e dei palpi, esperimenti comportamentali e validazione in campo. È proprio questa integrazione metodologica a caratterizzare il lavoro di ricerca, nei quali la chimica analitica non è mai separata dalla fisiologia sensoriale e dall'applicazione pratica in campo agrario (QIAN *et al.*, 2024).

segnali (GIACOMUZZI *et al.*, 2017). Il risultato è importante perché conferma che la variazione nel profilo dei composti volatili di una pianta infestata è una firma ecologicamente significativa e potenzialmente sfruttabile.

A questo filone appartengono anche gli studi più recenti sulle emissioni indotte non solo nel melo, ma anche in vite, pero e olivo. Lo studio dell'infestazione del cecidomide, *Dasineura oleae*, ha permesso di caratterizzare una delle prime evidenze di volatili indotti nelle foglie di olivo (CASELLI *et al.*, 2022). Il risultato non è rilevante soltanto per la specie considerata, ma anche per il metodo, dimostrando che l'analisi dei VOCs può rivelare interazioni tri-trofiche in sistemi dove tali segnali erano poco esplorati. Lo studio di FENNINE *et al.* (2024) sulla mosca dell'olivo, *Bactrocera oleae*, sposta poi l'attenzione sul fitofago stesso e documenta pattern circadiani di emissione diversi fra maschi e femmine, grazie a tecniche molto fini di PTR-ToF-MS per il monitoraggio continuo dei composti rilasciati dagli insetti (Fig. 4). In entrambi i casi emerge un punto centrale per la disciplina: la dimensione temporale non rappresenta un rumore sperimentale, ma una componente dell'infor-

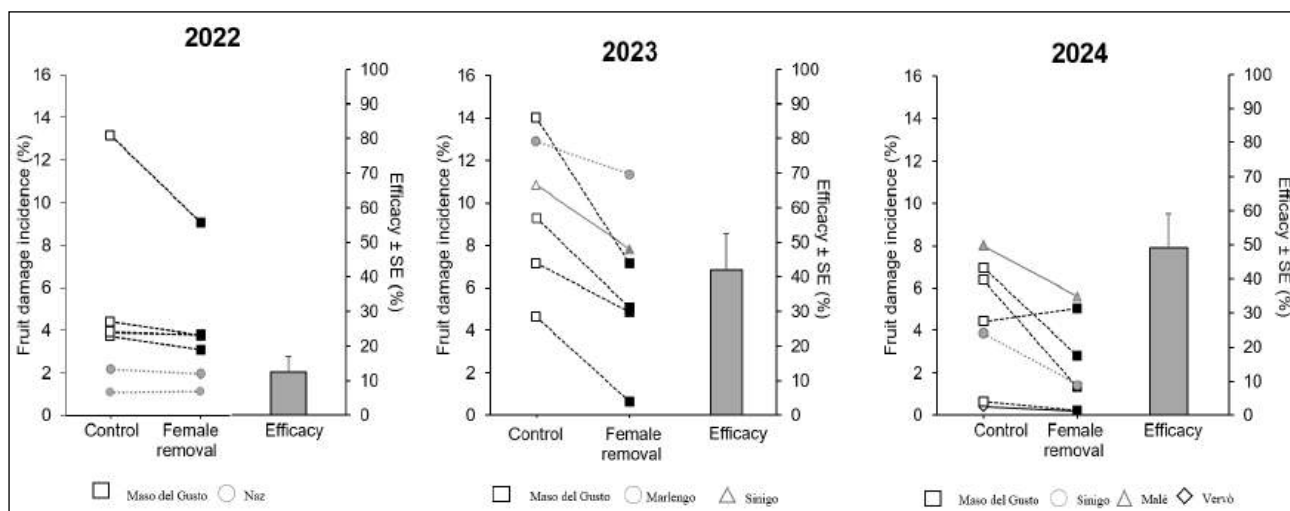


Fig. 2 - Incidenza del danno sui frutti ed efficacia della female removal di *Cydia pomonella* in fase pre-raccolta, valutate in diversi meleti del Trentino-Alto Adige nel corso di prove condotte nel 2022, 2023 e 2024 (CARNIO *et al.*, 2026).

INTERAZIONE PIANTA-INSETTO, SEGNALI INDOTTI E DINAMICA TEMPORALE

Una particolare rilevanza di queste ricerche riguarda i VOCs emessi dalle piante in seguito all'attacco degli insetti fitofagi. In questo ambito, uno dei primi lavori mirava a caratterizzare i composti organici volatili indotti (HIPVs) emessi da piante di melo in seguito all'attacco del tortricide, *Pandemis heparana* (GIACOMUZZI *et al.*, 2016). I risultati hanno mostrato con chiarezza che il danno biotico non produce soltanto un aumento quantitativo delle emissioni, ma modifica la composizione stessa della miscela volatile. L'impiego combinato di tecniche avanzate quali CLSA, GC-MS, PTR-ToF-MS e GC-EAD ha consentito di evidenziare composti esclusivi o fortemente aumentati nelle piante attaccate e di dimostrare che gli adulti conspecifici sono in grado di rilevare parte di tali

mazione ecologica. Questa attenzione alla temporalità distingue alcuni lavori recenti del gruppo di ricerca. Non basta sapere quali composti siano presenti, occorre capire quando vengono emessi, in quale rapporto reciproco e in quale fase biologica del sistema risultino più informativi. Tale prospettiva ha implicazioni dirette per la progettazione di blend sintetici, per la scelta delle finestre di campionamento e per la sincronizzazione tra emissione del segnale e attività dell'insetto bersaglio.

DROSOPHILA SUZUKII COME MODELLO DI ECOLOGIA CHIMICA APPLICATA

Fra i sistemi studiati, *Drosophila suzukii* rappresenta probabilmente il caso più significativo. L'interesse per questa specie deriva dalla sua elevata invasività e dal fatto che l'attacco ai frutti in prossimità della raccolta limita

l'uso dei tradizionali interventi insetticidi. Per tale ragione, la manipolazione del comportamento mediante stimoli olfattivi è stata considerata sin da subito una strada particolarmente promettente. I lavori del 2015 hanno posto le basi di questo percorso, documentando le risposte olfattive delle femmine ai volatili delle piante ospiti, mostrando risposte antennali e comportamentali a volatili provenienti da estratti di frutta (REVADI *et al.* 2015; ABRAHAM *et al.* 2015). Da questi studi, come da altri proposti da diversi gruppi di ricerca, risulta chiaro che l'attrazione di *D. suzukii* non dipende da una singola sorgente, ma dall'integrazione di segnali vegetali e fermentativi. La review di CLOONAN *et al.* (2018) ha poi sintetizzato criticamente la letteratura del settore, sottolineando sia i progressi sia i limiti delle esche disponibili, spesso ancora poco selettive verso i drosofilidi non target. Un contributo originale del gruppo risulta senz'altro dalla collaborazione con il Centro di Ricerca Laimburg e con la Fondazione Edmund Mach, riguardante lo studio del ruolo dei lieviti e, più in generale, dei segnali microbici nell'attrattività di sorgenti fago-stimolanti verso la specie. Inizialmente è stato dimostrato come specie diverse di lievito influenzano in maniera differente alimentazione e fitness degli adulti di *D. suzukii* (SPITALER *et al.*, 2020). Successivamente, esche liquide contenenti *Oenococcus oeni* si sono dimostrate capaci di aumentare le catture (ĐUROVIĆ *et al.*, 2021), mentre formulazioni attract-and-kill basate su *Hanseniaspora uvarum* hanno mostrato una persistenza utile e una concreta applicabilità su vite (BIANCHI *et al.*, 2020; SPITALER *et al.*, 2022). L'elevata attrazione verso il lievito può essere sfruttata per aumentare l'efficacia di interventi fogliari a basso impatto (REHERMANN *et al.*, 2022). Il quadro si è ulteriormente affinato attraverso la caratterizzazione chimica ed elettrofisiologica dei volatili emessi da diversi tipi di lieviti attrattivi per *D. suzukii*, individuando composti percepiti dalle antenne e specie microbiche particolarmente promettenti (CASTELLAN *et al.*, 2024). Queste dinamiche sono state ulteriormente approfondite analizzando un altro lievito, *Saccharomyces cerevisiae*, risultato particolarmente promettente per la sua specifica capacità attrattiva e possibile applicazione in pieno campo (BJELJAC *et al.*, 2024; DUMÉNIL *et al.*, 2025; BJELJAC *et al.*, 2026). In prospettiva, questi lavori mostrano che la chimica del fitofago non può essere separata dall'ecologia dei microrganismi associati alle risorse alimentari. È proprio questo spostamento dal singolo attrattivo al sistema pianta-frutto-microbiota a costituire un aspetto particolarmente interessante.

TORTRICIDI, *CYDIA POMONELLA*
E MONITORAGGIO INTELLIGENTE

Un altro filone contraddistinto da un forte rilievo applicativo riguarda i tortricidi dei frutteti, in particolare *Cydia pomonella*. In questi sistemi si osserva una fase di evoluzione dell'IPM in cui il monitoraggio non deve più limitarsi a segnalare la presenza dei maschi, attraverso l'uso di feromoni sessuali femminili, ma deve produrre informazioni più ricche, utili alla gestione della popolazione e all'integrazione con altre tecniche di controllo. I

lavori pubblicati a partire dal 2021 mostrano bene questa transizione. Il confronto tra nuove esche kairomonali per *C. pomonella* in Italia e negli Stati Uniti, ha permesso al gruppo di ricerca di sviluppare diversi blend multicomponente non feromonici per il monitoraggio di entrambi i sessi, validando la loro applicazione con un nuovo approccio di cattura massale definito come 'rimozione delle femmine' o *female removal* (PRETI *et al.*, 2021a; PRETI *et al.*, 2021b; PRETI *et al.*, 2021c; PRETI *et al.*, 2021d; PRETI *et al.*, 2021e). In particolare, è stato dimostrato come l'attrattività del blend verso *C. pomonella* venga fortemente potenziata quando ai composti volatili riconducibili alla pianta ospite (specificamente l'estere di pera (*E,Z*)-2,4-decadienoato di etile, il DMNT (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatriene, e il Pyr-LOX, ossido di linalolo piranoide) venga aggiunto l'acido acetico, tipico composto fermentativo. Si è dimostrato, inoltre, come questa nuova tecnica possa essere efficacemente combinata con la mating disruption di *C. pomonella*, che utilizzando il feromone sessuale non altera l'attrattività verso il blend kairomonale (KNIGHT *et al.*, 2022). Il significato di questi risultati è notevole, la cattura delle femmine consente infatti di passare da un monitoraggio prevalentemente diagnostico a una strategia con ricadute dirette sulla dinamica riproduttiva della popolazione, e quindi sulla limitazione della presenza del fitofago (Fig. 2).

Parallelamente, il gruppo ha investito sul monitoraggio digitale utilizzando da una parte le nuove miscele di composti volatili, dall'altro lo sviluppo di un nuovo prototipo di smart trap per il monitoraggio remoto di *C. pomonella* sviluppato in collaborazione con la ditta FOS (PRETI *et al.*, 2021e, CARNIO *et al.*, 2026, Fig. 3). Particolare interesse presso la comunità accademica ha suscitato la review dedicata ai punti di forza e ai limiti delle *camera-equipped traps*, nella quale si evidenzia che l'innovazione tecnologica è utile solo se accompagnata da una corretta definizione del segnale biologico e da procedure robuste di identificazione e validazione dei dati (PRETI *et al.*, 2021f). Questi strumenti permettono infatti di passare da un controllo manuale periodico a un'acquisizione di dati continua e in tempo reale, ottimizzando così la precisione dei modelli previsionali. In questo ambito emerge un approccio integrato che combina ecologia chimica, entomologia applicata e sensoristica avanzata. L'attenzione non è rivolta alla trappola come oggetto tecnologico in sé, ma alla sua funzione all'interno di un sistema più ampio, in cui semiochimici, acquisizione di immagini e flussi informativi continui vengono integrati per supportare processi decisionali più tempestivi, selettivi ed efficienti.

ESTENSIONI APPLICATIVE DELL'ECOLOGIA CHIMICA CON STUDI
MIRATI SU CIMICE ASIATICA, BOSTRICO, AFIDI DEL MELO,
CECIDOMIA E MOSCA DELL'OLIVO

Un altro ambito di ricerca di crescente interesse riguarda la cimice asiatica, *Halyomorpha halys*, per la quale l'attenzione si è spostata verso strategie di contenimento a basso impatto basate sulla manipolazione del

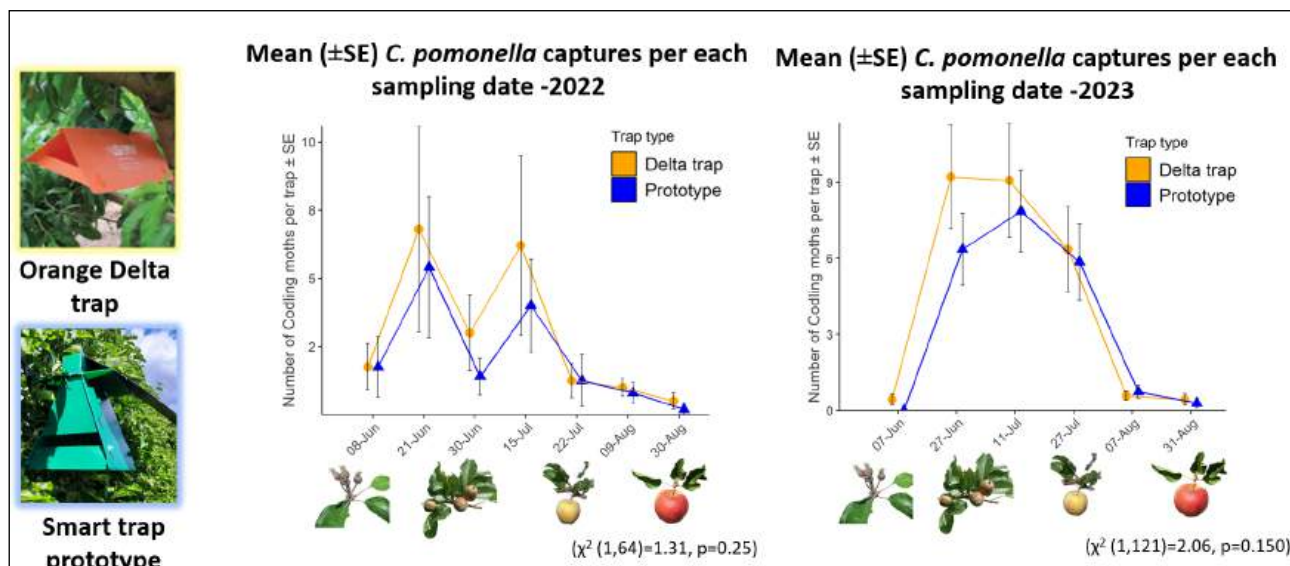


Fig. 3 - Confronto tra il prototipo smart trap e la trappola delta arancione nel biennio 2022–2023. Non sono emerse differenze significative tra la trappola delta arancione e il prototipo (Carnio *et al.*, 2026).

comportamento. In prove di campo condotte in meleti dell’Alto Adige, l’impiego di trappole definite “mini-sail-boat” attivate con il feromone di aggregazione non ha ridotto il danno complessivo, ma ne ha modificato in modo netto la distribuzione spaziale, concentrandolo lungo il bordo trattato del frutteto. In particolare, il 50% del danno si concentrava entro 26 m dalla linea di cattura nelle parcelle con trappole, contro gli 85 m nelle parcelle di controllo, con una riduzione significativa dell’incidenza di danno oltre i 45 m dal bordo (CARNIO *et al.*, 2024). Il risultato è concettualmente rilevante perché mostra che il semiochimico (in questo caso il feromone di aggregazione) può essere usato non solo per attirare l’insetto, ma anche per restringerne la permanenza a una fascia limitata del frutteto, rendendo teoricamente possibile una difesa localizzata e più selettiva.

Un’applicazione particolarmente interessante dell’approccio chemoecologico sviluppato dal gruppo riguarda poi il bostrico europeo dell’abete rosso, *Ips typographus*, in un contesto forestale ma che mantiene la stessa logica sperimentale di quanto sviluppato in agricoltura. In questo caso, è stata testata una strategia push fondata sui volatili di una *non-host plant*, il pino silvestre. In prove su cataste sperimentali, l’inserimento del 20% di tronchi di pino in cataste di abete rosso ha ritardato di almeno una settimana la colonizzazione primaria dell’insetto. L’analisi del volatiloma corticale ha mostrato una marcata differenziazione dei profili emissivi e la comparsa di verbenone nella fase di antiaggregazione, mentre i test in olfattometro hanno confermato l’attrattività degli odori di abete e la forte repellenza degli oli essenziali di pino. Anche in questo sistema, l’interesse non risiede soltanto nell’identificazione di singole molecole, ma nella possibilità di utilizzare miscele complesse di *non-host volatiles* per disturbare il processo di colonizzazione e aprire la strada a strategie *push* più sostenibili in ambito forestale (FAVARO *et al.*, 2023).

Sul fronte degli afidi del melo, i risultati ottenuti mo-

strano come la risposta della pianta sia specifica rispetto alla specie infestante e non riducibile a un generico stato di stress. In altre parole, i volatili indotti differiscono, pur trattandosi della stessa pianta ospite, in funzione della specifica specie di afide infestante. Confrontando *Aphis pomi* e *Dysaphis plantaginea*, è stato evidenziato che i blend di HIPVs condividono alcuni composti, ma presentano anche segnali distintivi: benzaldeide ed (*E*)- β -farnesene sono risultati associati esclusivamente ad *A. pomi*, mentre linalolo e DMNT a *D. plantaginea*. L’integrazione tra CLSA-GC-MS e PTR-ToF-MS ha inoltre permesso di rilevare acido acetico e 2-feniletanolo in entrambi i blend. La combinazione di acido acetico e 2-feniletanolo ha inoltre mostrato, in prove di galleria del vento, una forte attrazione nei confronti del crisopide, *Chrysoperla carnea*, uno dei più importanti predatori di afidi. Il significato applicativo è duplice: da un lato si conferma che *A. pomi* e *D. plantaginea*, entrambi con apparato boccale pungente-succhiante, attivano l’induzione di composti volatili differenti; dall’altro si individuano combinazioni di VOCs potenzialmente utili per favorire il reclutamento di antagonisti naturali e rafforzare il controllo biologico conservativo (BADRA *et al.*, 2021).

PROSPETTIVE APPLICATIVE

Dall’insieme dei lavori esaminati emergono alcune indicazioni operative di particolare interesse. La prima è che l’ecologia chimica può contribuire in modo concreto alla difesa sostenibile, particolarmente nei sistemi dove elevate sono la pressione dei fitofagi chiave e la remuneratività economica della coltura, quali i sistemi frutticoli, dove il monitoraggio tempestivo e la selettività degli interventi sono decisivi. La seconda è che le strategie più promettenti sono quelle che combinano informazioni diverse: segnali vegetali, composti microbici, feromoni, ritmi di emissione e dati raccolti da dispositivi digitali. La terza è che la valutazione degli effetti non target dovrebbe en-

trare stabilmente nella progettazione delle strategie *semio-chemical-mediated*, e non essere considerata solo in una fase successiva. In altre parole, la selettività deve essere pensata ex ante, come proprietà del sistema di controllo, e non come semplice beneficio accessorio. Ne deriva una visione della protezione delle colture meno centrata sui singoli prodotti biocidi e più orientata alla modifica delle interazioni biologiche, favorendo e potenziando, quando possibile, forme di controllo dei fitofagi già presenti negli ecosistemi, e riducendo così il rischio tossicologico ambientale e le potenziali ricadute sulla salute umana. In questa prospettiva, il contributo sviluppato alla Libera Università di Bolzano mostra come la ricerca possa passare dalla caratterizzazione del segnale alla sua traduzione applicativa senza rinunciare al rigore meccanicistico e scientifico in senso stretto. La sostenibilità non coincide con la semplice sostituzione di una molecola con un'altra, ma con la capacità di leggere e utilizzare in modo più intelligente la rete di segnali che organizza il comportamento degli insetti negli agroecosistemi.

Una prospettiva particolarmente promettente per il prossimo futuro riguarda la convergenza fra ecologia chimica, sensoristica e analisi automatizzata dei dati. Nei prossimi anni sarà verosimilmente decisivo costruire sistemi in cui attrattivi multimodali, trappole intelligenti e modelli previsionali operino in modo coordinato, così da trasformare il monitoraggio da attività periodica a sorveglianza continua. I lavori su *smart traps*, remote monitoring e dinamica temporale dei VOCs mostrano che questa integrazione è già tecnicamente possibile; la sfida sarà renderla robusta in ambienti colturali complessi e compatibile con decisioni agronomiche rapide e realistiche. Nel quadro attuale, segnato dalla necessità di ridurre gli input di sintesi senza perdere efficacia operativa, questa impostazione appare particolarmente rilevante.

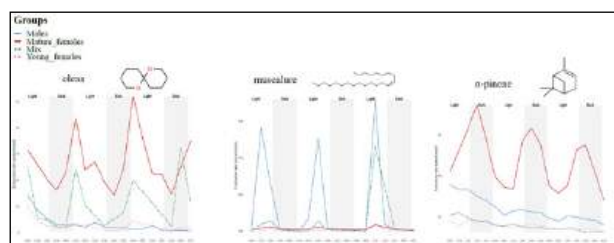


Fig. 4 - Dinamica del rilascio dei composti volatili in *Bactrocera oleae* (femmine giovani, femmine mature, maschi e miscela), analizzata misurando lo spazio di testa in continuo per tre giorni consecutivi mediante PTR-ToF-MS, alternando periodi di luce e di buio. I composti monitorati includono: il feromone femminile oleone (emissione media 22,89 pmol/min; m/z 157,123), il feromone maschile muscalure (emissione media 0,06 pmol/min; m/z 323,367) e il componente del feromone femminile α-pinene (emissione media 0,06 pmol/min; m/z 137,133). Per la prima volta è stato possibile osservare che l'oleone risulta emesso prevalentemente da femmine mature e gruppi misti, con un picco all'alba di ogni giorno, mentre il muscalure è prodotto principalmente dai maschi e dai gruppi misti, con un picco pomeridiano; infine, l'α-pinene è emesso da femmine mature con un chiaro ritmo circadiano notturno (FENNINE *et al.*, 2024).

BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM J., ZHANG A., ANGELI S., ABUBEKER S., MICHEL C., FENG Y., RODRIGUEZ-SAONA C., 2015 - *Behavioral and antennal responses of Spotted Wing Drosophila, Drosophila suzukii, to volatiles from fruit extracts*. - *Environmental Entomology*, 44(2): 356-367.
- AVESANI S., CASTIELLO U., RAVAZZOLO L., BONATO B., 2025 - *Volatile organic compounds in pea plants: a comprehensive review*. - *Frontiers in Plant Science*, 16, 1591829.
- BIANCHI F., SPITALER U., CASTELLAN I., COSSU C.S., BRIGADOI T., DUMÉNIL C., ANGELI S., ROBATSCHER P., VOGEL R.F., SCHMIDT S., EISENSTECKEN D., 2020 - *Persistence of a yeast-based (Hanseniaspora uvarum) attract-and-kill formulation against Drosophila suzukii on grape leaves*. - *Insects*, 11(11): 810.
- BASU P., NGO H.T., AIZEN M. A., GARIBALDI L.A., GEMMILL-HERREN B., IMPERATRIZ-FONSECA V., VANBERGEN A.J., 2024 - *Pesticide impacts on insect pollinators: Current knowledge and future research challenges*. - *Science of the Total Environment*, 954, 176656.
- BJELJAC M., SPITALER U., DUMÉNIL C., NEULICHEDL P., SCHMIDT S., ANGELI S., 2026 - *Exploring Saccharomyces vini as a novel parasitoid-friendly attractant for efficient attract-and-kill of Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae)*. - *Journal of Economic Entomology*, in peer review.
- BJELJAC M., SPITALER U., MORI N., FUSILLO M., BOMBARDINI E., PRETI M., CARUSO S., VACCARI G., EBEN A., LENTOLA A., ANGELI S., SCHMIDT S., 2024 - *Canopy strip applications of Hanseniaspora uvarum combined with spinosad reduces insecticide use without compromising Drosophila suzukii control in cherry*. - *Crop Protection*, 186: 106868.
- BADRA Z., LARSSON HERRERA S., CAPPELLIN L., BIASIOLI F., DEKKER T., ANGELI S., TASIN M., 2021 - *Species-specific induction of plant volatiles by two aphid species in apple: real time measurement of plant emission and attraction of lacewings in the wind tunnel*. - *Journal of Chemical Ecology*, 47 (7): 653-663.
- BLACQUIERE T., SMAGGHE G., VAN GESTEL C. A., MOMMAERTS V., 2012 - *Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment*. - *Ecotoxicology*, 21(4), 973-992.
- CARNIO V., FAVARO R., PRETI M., ANGELI S., 2024 - *Assessing the impact of aggregation pheromone traps on spatial distribution of Halyomorpha halys damage in apple orchards*. - *Insects*, 15 (10), 791.
- CARNIO V., PRETI M., FAVARO R., LECINI O., GIANNOTTA G., ANGELI S., 2026 - *Design, training, and field validation of a YOLOv8-based automated trap for remote detection of codling moth, Cydia pomonella*. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 174: 212-224.
- CARNIO V., PRETI M., ANGELI S., 2026 - *Developing female removal technique for Cydia pomonella management in integrated organic apple orchards in north Italy*. PhD Thesis of Veronica Carnio, Free University of Bozen-Bolzano.

- CASELLI A., FAVARO R., PETACCHI R., ANGELI S., 2022 - *Infestation of the gall midge Dasineura oleae provides first evidence of induced plant volatiles in olive leaves*. - Bulletin of Entomological Research, 112(4): 481-493.
- CASTELLAN I., DUMÉNIL C., REHERMANN G., EISENSTECKEN D., BIANCHI F., ROBATSCHER P., SPITALER U., FAVARO R., SCHMIDT S., BECHER P.G., ANGELI S., 2024 - *Chemical and electrophysiological characterisation of head-space volatiles from yeasts attractive to Drosophila suzukii*. - Journal of Chemical Ecology, 50: 830-846.
- CLOONAN K.R., ABRAHAM J., ANGELI S., SYED Z., RODRIGUEZ-SAONA C., 2018 - *Advances in the chemical ecology of the spotted wing Drosophila (Drosophila suzukii) and its applications*. - Journal of Chemical Ecology, 44: 922-939.
- DUMÉNIL C., SPITALER U., REHERMANN G., BIANCHI F., FAVARO R., CASTELLAN I., SCHMIDT S., EISENSTECKEN D., BECHER P.G., ANGELI S., 2025 - *Yeasts-based attract-and-kill strategies for Drosophila suzukii management without disrupting honey bee activity*. - PLOS ONE, 20(5): e0323653.
- FAVARO R., ROVED J., HAASE A., ANGELI S., 2022 - *Impact of chronic exposure to two neonicotinoids on honey bee antennal responses to flower volatiles and pheromonal compounds*. - Frontiers in Insect Science, 2: 821145.
- FAVARO R., ANDRIOLO A., SIEDER C., ANGELI S., 2023 - *Potential of Scots pine for a push strategy against the European spruce bark beetle Ips typographus*. - Forests, 14 (9): 1727.
- FAVARO R., BERKA M., PETTERSSON M., THÖMING G., ARCE C.C.M., INÁCIO M.L., TURLINGS T.C.J., FARIA J.M.S., JUNG T., BAZIN D., POZZEBON A., ANGELI S., CAPPELLIN L., 2024 - *The use of volatile organic compounds in preventing and managing invasive plant pests and pathogens*. - Frontiers in Horticulture, 3: 1379997.
- FENNINE C., FAVARO R., KHOMENKO I., BIASIOLI F., CAPPELLIN L., ANGELI S., 2024 - *Diel rhythm of volatile emissions from males and females of the olive fruit fly Bactrocera oleae using PTR-ToF and GC-MS*. - Journal of Insect Physiology, 153: 104596.
- FUENTES-LOPEZ, K., OLIVERO-VERBEL, J., CABALLERO-GALLARDO K., 2025 - *Aromatic plant–insect dynamics: Molecular insights for advancing pest control strategies*. - Journal of Pest Science, 98(4): 2501-2517.
- GIACOMUZZI V., CAPPELLIN L., KHOMENKO I., BIASIOLI F., SCHUETZ S., TASIN M., KNIGHT A.L., ANGELI S., 2016 - *Emission of volatile compounds from apple plants infested with Pandemis heparana larvae, antennal response of conspecific adults, and preliminary field trial*. - Journal of Chemical Ecology, 42: 1265-1280.
- GIACOMUZZI V., MATTHEIS J., BASOALTO E., ANGELI S., KNIGHT A. L., 2017 - *Survey of conspecific herbivore-induced volatiles from apple as possible attractants for Pandemis pyrusana (Lepidoptera: Tortricidae)*. - Pest Management Science, 73 (9): 1837–1845.
- GROSS J., FRANCO J.C., 2022 - *Novel trends on semi-chemicals and semiophysicals for insect science and management*. - Entomologia Generalis, 42(2), 163-165.
- GREGG P.C., DEL SOCORRO A.P., LANDOLT P.J., 2018 - *Advances in attract-and-kill for agricultural pests: beyond pheromones*. - Annual Review of Entomology, 63: 453-470.
- GUERRERO A., REDDY G.V.P., 2023 - *Chemical communication in insects: new advances in integrated pest management strategies*. - Insects, 14(10): 799.
- HACQUARD S., MARTIN F.M., 2024 - *The chemical language of plant–microbe–microbe associations: an introduction to a virtual issue*. - New Phytologist, 244(3): 739-742.
- KNIGHT A.L., PRETI M., BASOALTO E., MUJICA V.M., FAVARO R., ANGELI S., 2022 - *Combining female removal with mating disruption for management of Cydia pomonella in apple*. - Entomologia Generalis, 42(2): 309-321.
- LI H., HU Y., CHEN S., GAFFOROV Y., WANG M., LIU X., 2025 - *Harnessing chemical communication in plant–microbiome and intra-microbiome interactions*. - Journal of Zhejiang University-SCIENCE B, 26(10): 923-934.
- MICHALKO R., PURCHART L., HOFMAN J., KOŠULIČ O., 2024 - *Distribution of pesticides in agroecosystem food webs differ among trophic groups and between annual and perennial crops*. - Agronomy for Sustainable Development, 44(1), 13.
- PRETI M., KNIGHT A.L., FAVARO R., BASOALTO E., TASIN M., ANGELI S., 2021a - *Comparison of new kairomone-based lures for Cydia pomonella (Lepidoptera: Tortricidae) in Italy and USA*. - Insects, 12(1): 72.
- PRETI M., KNIGHT A.L., MUJICA V.M., BASOALTO E., LARSON HERRERA S., TASIN M., ANGELI S., 2021b - *Development of multi-component non-sex pheromone blends to monitor both sexes of Cydia pomonella (Lepidoptera: Tortricidae)*. - Journal of Applied Entomology, 145(8): 822-830.
- PRETI M., KNIGHT A.L., MUJICA V.M., BASOALTO E., FAVARO R., ANGELI S., 2021c - *Developing female removal for Cydia pomonella (Lepidoptera: Tortricidae) in organic pear in the USA and Italy*. - Journal of Applied Entomology, 145: 856-868.
- PRETI M., MORETTI C., SCARTON G., GIANNOTTA G., ANGELI S., 2021d - *Developing a smart trap prototype equipped with camera for tortricid pests remote monitoring*. - Bulletin of Insectology, 74(1): 147-160.
- PRETI M., FAVARO R., KNIGHT A.L., ANGELI S., 2021e - *Remote monitoring of Cydia pomonella adults among an assemblage of nontargets in sex pheromone-kairomone-baited smart traps*. - Pest Management Science, 77(9): 4084-4090.
- PRETI M., VERHEGGEN F., ANGELI S., 2021f - *Insect pest monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations*. - Journal of Pest Science, 94: 203-217.
- QIAN Q., CUI J., MIAO, Y., XU X., GAO H., XU H., ZHU P., 2024 - *The plant volatile-sensing mechanism of insects and its utilization*. - Plants, 13(2), 185.

- REHERMANN G., SPITALER U., SAHLE K., COSSU C.S., DELLE DONNE L., BIANCHI F., EISENSTECKEN D., ANGELI S., SCHMIDT S., BECHER P.G., 2022 - *Behavioral manipulation of Drosophila suzukii for pest control: high attraction to yeast enhances insecticide efficacy when applied on leaves.* - Pest Management Science, 78(3): 896-904.
- REVADI S., VITAGLIANO S., ROSSI STACCONI M.V., RAMASAMY S., MANSURIAN S., CARLIN S., VRHOVSEK U., BECHER P.G., MAZZONI V., ROTA-STABELLI O., ANGELI S., DEKKER T., ANFORA G., 2015 - *Olfactory responses of Drosophila suzukii females to host plant volatiles.* - Physiological Entomology, 40(1): 54-64.
- SPITALER U., BIANCHI F., EISENSTECKEN D., CASTELLAN I., ANGELI S., DORDEVIC N., ROBATSCHER P., VOGEL R.F., KOSCHIER E.H., SCHMIDT S., 2020 - *Yeast species affects feeding and fitness of Drosophila suzukii adults.* - Journal of Pest Science, 93: 1295-1309.
- SPITALER U., COSSU C.S., DELLE DONNE L., BIANCHI F., REHERMANN G., EISENSTECKEN D., CASTELLAN I., DUMÉNIL C., ANGELI S., ROBATSCHER P., BECHER P.G., KOSCHIER E.H., SCHMIDT S., 2022 - *Field and greenhouse application of an attract-and-kill formulation based on the yeast Hanseniaspora uvarum and the insecticide spinosad to control Drosophila suzukii in grape.* - Pest Management Science, 78(3): 1287-1295.
- ĐUROVIĆ G., ALAWAMLEH A., CARLIN S., MADDALENA G., GUZZON R., MAZZONI V., DALTON D., WALTON V.M., SUCKLING D.M., BUTLER R.C., ANGELI S., DE CRISTOFARO A., ANFORA G., 2021 - *Liquid baits with Oenococcus oeni increase captures of Drosophila suzukii.* - Insects, 12 (1): 66.
- THOMAS G., RUSMAN Q., MORRISON III, W.R., MAGALHÃES D.M., DOWELL J.A., NGUMBI E., TABANCA N., 2023 - *Deciphering plant-insect-microorganism signals for sustainable crop production.* - Biomolecules, 13(6), 997.
- WAN N.F., FU L., DAINESI M., KJÆR L.P., HU Y.Q., XIN F., SCHERBER C., 2025 - *Pesticides have negative effects on non-target organisms.* - Nature Communications, 16(1), 1360.
- ZHOU W., LI M., ACHAL V., 2025 - *A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage.* - Emerging Contaminants, 11(1), 100410.

LE VESPE ACULEATE DEGLI AMBIENTI URBANI ITALIANI: VERSO LA COMPrensIONE DEI PATTERNS DI DIVERSITÀ DI UN GRUPPO ECOLOGICAMENTE RILEVANTE MA LARGAMENTE IGNORATO DI INSETTI

ANDREA FERRARI¹ * - CARLO POLIDORI¹

¹ Dipartimenti di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano

* Vincitore del Premio Marco Osella

Autore corrispondente: a.ferrari.research@gmail.com

Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, Siena, 17 giugno 2025.

Aculeate wasps in Italian urban environments: towards understanding the diversity patterns of an ecologically important but largely ignored group of insects

The Mediterranean Basin is one of Europe's major biodiversity hotspots, characterized by high species richness and endemism driven by its complex climate, geography, and history. Among the most ecologically relevant groups are aculeate Hymenoptera – bees, ants, and wasps. Aculeate wasps, in particular, play crucial ecological roles by providing key ecosystem services such as biological control of herbivorous insects through predation and parasitism, and though often underestimated, the pollination of many plant species. Given the rapid anthropogenic changes affecting Mediterranean landscapes, understanding aculeate Hymenoptera communities has become essential. Urbanisation is one of the main drivers of habitat transformation, leading to reduced and fragmented green areas and altering the availability of trophic resources and nesting sites. While numerous studies have examined how urbanization affects bee diversity, aculeate wasps have received far less attention, limiting our understanding of Hymenoptera responses to urban gradients. This study investigates how aculeate wasp communities are distributed along urbanization gradients in four major Italian metropolitan areas: Milan, Turin, Florence, and Rome. 3-5 sampling round were conducted across 10 sampling sites. Landscape structure was described using GIS to quantify vegetation cover, habitat cohesion, and fragmentation, focusing especially on grassland patches, the primary habitat of many aculeate wasps. Preliminary results reveal high sampling completeness and the collection of over 3000 individuals representing 97 species. Eusocial species – particularly *Polistes*, *Vespa*, and *Vespula* – were consistently common across all cities, suggesting that urban environments favor social, generalist species capable of exploiting degraded habitats. Conversely, solitary ground-nesting species appeared more sensitive to habitat loss and soil sealing. These findings highlight the need for fine-scale urban planning and green-space management that supports diverse wasp communities and the essential ecological services they provide.

KEY WORDS: Aculeate wasps, Diversity, Land use change, Urbanisation

INTRODUZIONE

Il bacino del Mediterraneo rappresenta uno dei principali hotspot di biodiversità a livello europeo, essendo caratterizzato da un'elevata ricchezza di specie e da un alto tasso di endemismo, dovuti alla complessità climatica, geografica e storica della regione. Tra i gruppi faunistici di maggiore rilevanza ecologica figurano gli imenotteri aculeati, che includono api, vespe e formiche. In particolare, le vespe aculeate (Fig. 1) svolgono un ruolo fondamentale nel funzionamento degli ecosistemi, contribuendo in modo significativo a servizi ecosistemici essenziali quali il controllo biologico degli insetti fitofagi, attraverso la predazione e il parassitismo, e, sebbene spesso sottovalutato, anche all'impollinazione di numerose specie vegetali (BROCK *et al.*, 2021).

Alla luce dei rapidi cambiamenti antropici che interessano i paesaggi mediterranei, risulta cruciale ap-

profondire la conoscenza delle comunità di imenotteri aculeati. Tra questi cambiamenti, l'urbanizzazione ne rappresenta uno dei principali fattori poiché comporta la trasformazione degli habitat naturali, la riduzione della superficie delle aree verdi e la loro crescente frammentazione. Tali processi possono alterare la disponibilità di risorse trofiche e di siti di nidificazione, influenzando la composizione, l'abbondanza e la diversità delle comunità di insetti (WAGNER *et al.*, 2021).

Tra gli imenotteri aculeati, negli ultimi decenni numerosi studi hanno analizzato gli effetti dell'urbanizzazione sulla diversità delle api (Apoidea: Anthophila), evidenziando come alcuni ambienti urbani possano fungere sia da rifugi sia da filtri ecologici selettivi (FERRARI e POLIDORI, 2022). Al contrario, le vespe aculeate (un diversificato gruppo (non monofiletico) che include tutte le famiglie di imenotteri aculeati con l'eccezione delle api tra gli Apoidea e delle formiche (Formicoidea)), sono

state finora meno considerate, nonostante la loro importanza ecologica. Questa lacuna conoscitiva limita la comprensione complessiva delle risposte degli imenotteri ai gradienti di urbanizzazione.

Questo studio si propone di analizzare come le comunità di vespe aculeate si distribuiscano lungo diversi gradienti di urbanizzazione all'interno di quattro città metropolitane in Italia, considerando parametri quali la dimensione e il grado di frammentazione delle aree verdi urbane. L'obiettivo è valutare come tali fattori influenzino la struttura delle comunità di vespe aculeate, contribuendo a una visione più integrata degli effetti dell'urbanizzazione sulla biodiversità e fornendo indicazioni utili per la pianificazione e la gestione degli spazi verdi urbani.



Fig. 1 – Esempi di vespe aculeate raccolte durante il campionamento. A) *Sphex* sp. (Sphecidae), B) *Bembix oculata* (Bembicidae), C) *Polistes* sp. (Vespidae), D) *Cerceris sabulosa* (Philantidae).

LO STUDIO

Siti di studio – Le città prese in esame da questo studio sono Milano, Torino, Firenze e Roma. All'interno di ciascuna città si sono identificati 10 siti di campionamento (aree verdi di circa 100×100 m, Fig. 2) secondo gradienti di urbanizzazioni già preliminarmente identificati all'interno delle attività progettuali dello Spoke 5 del National Biodiversity Future Center, che hanno incluso la valutazione della biodiversità in ambienti urbani (es. DONDINA *et al.*, 2025).

Successivamente, l'analisi è stata approfondita attraverso una valutazione più dettagliata dell'uso del suolo a scala paesaggistica, considerando buffer circolari di 250, 500 e 1000 metri attorno a ciascun punto di campionamento. L'adozione di queste tre diverse dimensioni spaziali è stata motivata dalla necessità di comprendere a quale scala la diversità di vespe aculeate risultino maggiormente sensibili. In particolare, i buffer di 250 m sono stati utilizzati per rappresentare una scala locale o fine, strettamente legata alle risorse immediatamente disponibili nei pressi dei siti di campionamento; quelli di 500 m per una scala intermedia; infine, i buffer di 1000 m hanno permesso di esplorare gli effetti di una scala più ampia.

All'interno di ciascun buffer, sono state condotte analisi spaziali mediante l'impiego di strumenti e metodi GIS (Geographic Information Systems), che hanno consentito l'estrazione di diverse metriche paesaggistiche. Particolare attenzione è stata rivolta alla copertura dei prati, riconosciuti come l'ambiente principale delle vespe aculeate. Oltre alla semplice percentuale di copertura, sono state calcolate metriche strutturali relative alla configurazione spaziale di questi habitat, quali indici di coesione, che descrivono il grado di connessione tra le patch di prato, e indici di frammentazione, utili a quantificare la suddivisione e l'isolamento degli habitat.

L'integrazione di queste metriche ha permesso di valutare non solo la quantità, ma anche la qualità e la configurazione del paesaggio erbaceo circostante i siti di campionamento. In questo modo, è stato possibile indagare come la struttura del mosaico paesaggistico urbano e periurbano influenzi le comunità di vespe aculeate a diverse scale spaziali, fornendo indicazioni più precise sui meccanismi ecologici alla base delle risposte osservate e sugli interventi di gestione più efficaci per la conservazione di questi insetti negli ambienti urbanizzati.

Campionamento – Ciascun sito, identificato come uno spazio verde circoscritto di circa 100×100 m (Fig. 2), è stato visitato 3–5 volte (a seconda delle condizioni meteo favorevoli) tra fine maggio e fine settembre, per coprire il principale periodo di volo delle vespe aculeate. Ciascuna visita è stata standardizzata in base a tempo $\times$ operatore (120 minuti – 1 operatore, 60 minuti – 2 operatori). Tutte le vespe aculeate individuate sono state raccolte con retino entomologico e inserite in provette da 2mL, univocamente etichettate, e conservate prima in freezer a -20°C . Successivamente, ciascun campione è stato identificato tassonomicamente (PAGLIANO e NEGRI-SOLO, 2005).



Fig. 2 – Due esempi di sito di campionamento nella città di Milano (A) e Torino (B). All'interno dei grossi parchi urbani è stata scelta un'area vegetata di circa 100×100 m per il campionamento.

Analisi – Le comunità campionate sono state descritte in termini di composizione specifica e abbondanza totale evidenziando la presenza delle principali famiglie e dei taxa dominanti. Per ciascuna specie sono poi stati assegnati diversi tratti funzionali quali la taglia, il tipo di dieta, il tipo di socialità e il tipo di nidificazione. Questa fase descrittiva ha permesso di individuare pattern generali di distribuzione delle specie e di confrontare le comunità tra diverse città.

La diversità delle comunità di vespe aculeate è stata poi quantificata mediante l'utilizzo degli *Hill's numbers*, che permettono di descrivere la diversità tenendo conto dello sforzo di campionamento fatto e delle curve di accumulazione delle specie. A questi si è affiancata la *Taxonomic distinctness*, un indice che considera le relazioni tassonomiche tra le specie, consentendo di valutare non solo quante specie siano presenti, ma anche quanto esse siano filogeneticamente raggruppate (es. a livello di genere o famiglia).

RISULTATI PRELIMINARI

Bontà di campionamento – Come si evince dalle curve di accumulazione (Fig. 3, A-D) il campionamento svolto è risultato essere efficace poiché in tutte le città ogni sito super il 75% di “sample coverage”, indicando che oltre ¾ di tutte le specie statisticamente predette per quel sito sono state raccolte. Questo è confermato anche dal numero di vespe raccolte per giorno di campionamento (Fig. 3, E) che indica come il campionamento sia iniziato all'inizio della stagione di volo con giornate dove spesso sono stati raccolti meno di 10 individui al giorno. Inoltre, per tutte e quattro le città, il picco di attività (giornate dove si sono raccolti oltre 20 individui) è stato ampiamente coperto, suggerendo che lo sforzo di campionamento ha ben fotografato gran parte della fenologia delle vespe aculeate.

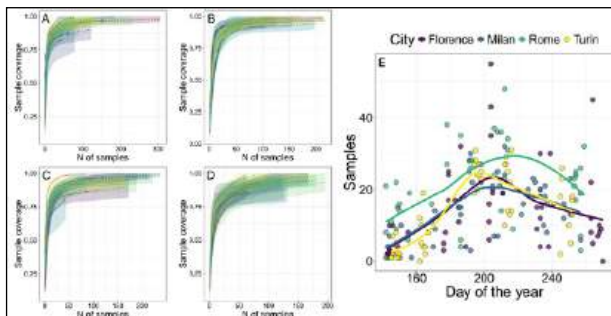


Fig. 3 – Curve di accumulazione delle specie raccolte per A) Firenze, B) Milano, C) Roma, D) Torino. In E) il numero di individui raccolti per ogni giorno di campionamento, diviso per città. Le curve quadratiche rappresentano l'andamento del numero di campioni per giorno di raccolta durante il periodo di campionamento.

Comunità raccolta – Sono state raccolti un totale di 3003 individui appartenenti a 13 famiglia (Fig. 4, A), 55 generi (Fig. 4, B) e 97 specie. La famiglia più rappresentata è quella dei Vespidae, con oltre 2000 esemplari raccolti appartenenti principalmente ai generi eusociali di *Polistes*, *Vespa* e *Vespula*; che sono anche risultati i generi più abbondanti. Altre famiglie molto comuni negli ambienti urbanizzati visitati sono quella dei Philantidae, a cui appartengono i generi *Cerceris* e *Philanthus*; e Sphecidae, una delle famiglie con il maggior numero di generi al suo interno tra cui per esempio *Ammophila*, *Chalybion*, *Sceliphron* e *Sphex*, tutti rappresentati da specie solitarie.

Altri generi molto comuni sono *Cerceris* (Philantidae) a cui appartengono specie fossorie e solitarie, *Eumenes* (Vespidae) a cui appartengono specie solitarie che costruiscono piccoli nidi di fango a forma di vaso attaccati a parti vegetali, *Sceliphron* (Sphecidae) a cui appartengono specie solitarie cacciatrici di ragni che costruiscono nidi di fango spesso attaccati a pareti artificiali, e *Scolia* (Scoliidae) a cui appartiene la sola specie raccolta *S. hirta* parassitoide di larve di Scarabaeidae.

Infine, tra le specie più abbondanti troviamo *Polistes dominula* (una delle 5 specie di *Polistes* raccolte), la comune vespa cartonaia eusociale che costruisce nidi di materiale vegetale spesso su costruzioni antropiche. Le specie eusociali sono spesso associate ad ambienti antropizzati in quanto il gran numero di operaie per nido e la dieta ampiamente generalista permette loro di sfruttare anche gli ambienti più deteriorati. Tra le specie solitarie più abbondanti si annoverano *Bembecinus tridens* e *Bembix oculata* (Bembicidae), e dei rappresentati dei generi già menzionati *Cerceris sabulosa*, *Eumenes mediterraneus*, e *Sceliphron caementarium*.

In Fig. 5 viene mostrato un diagramma di Venn in cui ciascuna specie è posizionata affinché rispecchi le città in cui è stata raccolta. All'esterno del diagramma si trovano specie uniche di quella città, mentre muovendosi verso il centro si trovano specie condivise sempre da più città. È interessante notare come le specie trovate in tutte le siano 14: *B. oculata*, *C. arenaria*, *C. sabulosa*, *E. mediterraneus*, *E. pomiformis*, *P. associus*, *P. dominula*, *P. gallicus*, *S. caementarium*, *S. spirifex*, *S. hirta*, *V. crabro*, *V. germanica*, e *V. vulgaris*. Interessantemente, 6 di queste (il 43%) sono specie eusociali, quelle appartenenti ai generi *Polistes*, *Vespa*, e *Vespula*. Mentre solo 3 (*B. oculata*, *C. arenaria*, *C. sabulosa*) sono specie solitarie e fossorie, nidificando in zone sabbiose (*Bembix*) o col terreno brullo (*Cerceris*).

Questo è in linea con recente letteratura (FERRARI e POLIDORI, 2022) riguardante le api selvatiche in cui si conclude che gli ambienti più urbanizzati, a causa del deterioramento e riduzione delle aree verdi seminaturali, favoriscano specie sociali e che nidificano sopra al suolo. Infatti, la perdita di terreno naturale determina anche una perdita di siti di nidificazione idonei per le specie fossorie. Inoltre, le specie sociali riescono meglio a sfruttare le (eventuali) poche risorse di un habitat essendo generaliste nella dieta e disponendo di operaie che possono più facilmente esplorare il territorio circostante il nido.

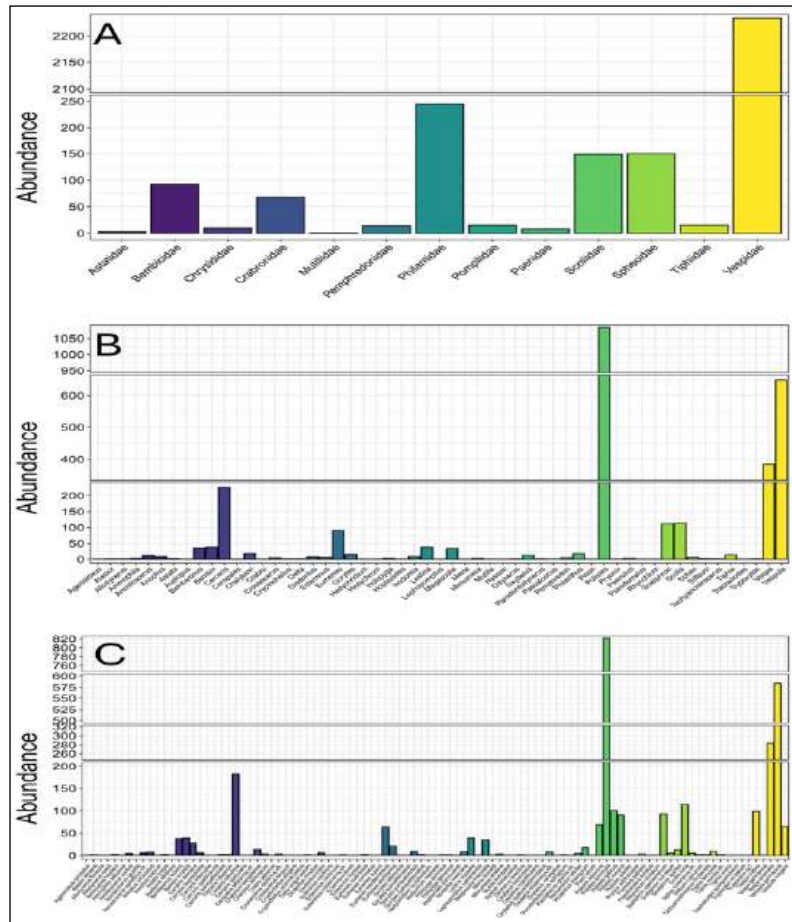


Fig. 4 – Abbondanza (numero totale di esemplari raccolti) per ciascuna famiglia (A) e genere (B) identificato all'interno di tutto il campionamento.

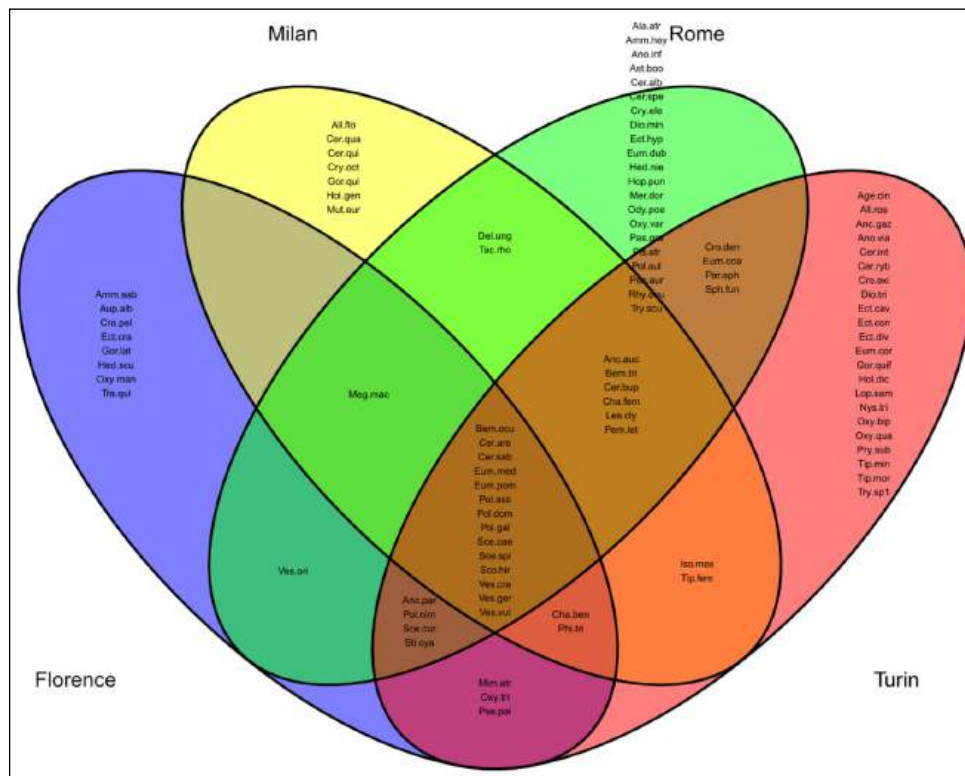


Fig. 5 – Abbondanza (numero totale di esemplari raccolti) per ciascun genere identificato all'interno di tutto il campionamento.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Nel complesso, questo tipo di analisi permette di identificare gli effetti dell'urbanizzazione sulla diversità delle vespe aculeate, sebbene possano emergere anche differenze legate al contesto locale e a fattori città-specifici. Tali differenze sottolineano l'importanza di considerare più città e contesti geografici per individuare tendenze robuste. Inoltre, una caratterizzazione più dettagliata dell'uso del suolo urbano, includendo elementi specifici come tipologia e gestione delle aree verdi e presenza di microhabitat, permetterà di individuare i fattori chiave che influenzano la distribuzione delle vespe aculeate.

In futuro, saranno condotte analisi univariate per esaminare la relazione tra le variabili di urbanizzazione e i singoli indici di diversità calcolati e sulla variazione dei tratti funzionali delle specie. Questo tipo di analisi permetterà di identificare quali componenti della biodiversità (ad esempio ricchezza, equità o diversità tassonomica) risultino maggiormente sensibili ai cambiamenti dell'uso del suolo e a quali scale spaziali tali effetti siano più evidenti. Tuttavia, questi risultati preliminari ci fanno ipotizzare che la semplificazione del paesaggio urbano, associata all'aumento dell'impermeabilizzazione del suolo, tenderebbe a favorire un numero più basso di individui di vespe aculeate, possibilmente a scapito di una comunità più diversificata.

Un possibile obiettivo pratico per questo tipo di studi è fornire indicazioni operative per una gestione più sostenibile dei parchi e degli spazi verdi cittadini, promuovendo la conservazione di questi imenotteri e dei servizi ecosistemici che essi forniscono.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo i collaboratori dell'Università di Firenze, Università di Pisa e Università Roma Tre per il sostegno durante le attività di campionamento. Maurizio Mei e Leopoldo Castro hanno aiutato nell'identificazione di alcuni individui.

FINANZIAMENTI

Progetto finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 Componente 2 Investimento 1.4 - Bando di gara n. 3138 del 16 dicembre 2021, rettificato con Decreto n. 3175 del 18 dicembre 2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca italiano, finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU, codice progetto CN_00000033, Decreto di concessione n. 1034 del 17 giugno 2022 adottato dal Ministero dell'Università e della Ricerca italiano, CUP, H43C22000530001 Titolo del progetto "National Biodiversity Future Center - NBFC".

BIBLIOGRAFIA

- BROCK R.E., CINI A., SUMNER S., 2021 – *Ecosystem services provided by aculeate wasps*. - Biol. Rev., 96(4): 1645-1675.
- DONDINA O., TIROZZI P., VIVIANO A., *et al.*, 2025 – *Spatial and habitat determinants of small-mammal biodiversity in urban green areas: Lessons for nature-based solutions*. - Urb. For. Urb. Green., 104: 128641.
- FERRARI A., POLIDORI C., 2022 – *How city traits affect taxonomic and functional diversity of urban wild bee communities: insights from a worldwide analysis*. Apidologie, 53(4): 46.
- PAGLIANO G., NEGRISOLO E., 2005 – *Hymenoptera Sphecidae*. Fauna d'Italia Vol. 40.
- WAGNER D.L., GRAMES E.M., FORISTER M.L., BERENBAUM MR., STOPA, D., 2021 – *Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts*. Proc. Natl. Acad. Sci., 118(2): e2023989118.

EVOLUZIONE DELLA METAMORFOSI DEGLI INSETTI

XAVIER BELLÉS

Institut de Biologia Evolutiva, CSIC-Universitat Pompeu Fabra, Barcelona. xavier.belles@ibe.upf-csic.es

Lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 15 novembre 2025

Evolution of insect metamorphosis

Post-embryonic development in insects can be classified into three main types: ametaboly (absence of metamorphosis), hemimetaboly (simple metamorphosis), and holometaboly (complete metamorphosis). In hemimetabolan insects, nymphs resemble adults and grow gradually, whereas in holometabolan insects, larvae are very different from adults and pass through a pupal stage before the imaginal transformation. The origin of metamorphosis is linked to the acquisition of wings and to endocrine changes regulated by hormones such as 20-hydroxyecdysone and juvenile hormone. These hormones control key genes (such as *Kr-h1*, *chinmo*, and *E93*) that determine the transition from one stage to another. The first crucial innovation in the emergence of holometaboly was the delay of wing primordia evagination from the embryo to the pupa. In holometabolan insects, the *BR-C* gene is essential for pupal formation. The internalization of wing primordia and other adult structures (which in flies will form the imaginal discs) provided the larva with remarkable evolutionary potential. This allowed morphological and adaptive diversification, resulting in the evolutionary success of holometabolan insects observed on our planet today.

KEY WORDS: Insect metamorphosis, ametaboly, hemimetaboly, holometaboly.

Attualmente si conoscono approssimativamente un milione di specie di insetti, il che rappresenta l'80% del totale delle specie animali attuali registrate nel nostro pianeta. Ma sappiamo anche che vi sono molti più insetti ancora da scoprire, tra i 10 e i 30 milioni secondo le stime, e infatti ogni anno si descrivono circa 7.000 specie nuove, e il ritmo è sostenuto. Le ragioni di questo straordinario successo evolutivo possono essere riassunte nella meravigliosa struttura dell'esoscheletro (che non solo dà forma e sostegno ai tessuti molli, ma fornisce anche protezione e minimizza la perdita di liquidi), nella piccola taglia e nel potenziale riproduttivo, e nella metamorfosi come generatrice di biodiversità. Il 90% delle specie di insetti sperimenta qualche tipo di metamorfosi, il che rende conto dell'influenza di questo processo nel successo del gruppo (STORK *et al.*, 2015).

DUE TIPI PRINCIPALI DI METAMORFOSI

Dai dettagliati studi di Jan Swammerdam nel XVII secolo, classifichiamo la metamorfosi degli insetti in due tipi di base: emimetabola, o metamorfosi semplice, e olometabola, o metamorfosi completa. Gli emimetaboli e gli olometaboli furono preceduti dagli ametaboli, cioè insetti senza metamorfosi. Gli ametaboli hanno uno sviluppo diretto; l'individuo giovanile, che chiamiamo ninfa, è simile all'adulto, cresce fino a raggiungere la maturazione dell'apparato riproduttore e comincia a riprodursi, sebbene continui a mutare in quella che sarebbe la fase adulta. Gli ametaboli sono rappresentati dagli Archaeognatha, o pesciolini di rame, e dagli Zygentoma, come i pesciolini d'argento, che insieme rappresentano circa 900 specie. Negli emimetaboli, lo stadio giovanile è anch'esso generalmente chiamato ninfa ed è simile all'adulto, cresce fino a raggiungere una dimensione critica dopo la quale

si trasforma in un adulto con sistema riproduttore e ali funzionali, e smette di mutare. Gli emimetaboli includono i Palaeoptera (libellule ed efemere, con poco più di 10.000 specie descritte in totale), i Polyneoptera (come plecoteri, locuste, grilli, mantidi, blatte, termiti, tra altri gruppi, con un totale di circa 40.000 specie) e i Paraneoptera (tripidi, cimici dei campi, afidi, mosche bianche, pulci, tra altri, con quasi 90.000 specie).

Negli olometaboli, gli stadi giovanili, generalmente denominati larve, sono diversi dall'adulto, crescono fino a raggiungere una dimensione critica, mutano in una fase denominata pupa e poi in adulto, dopo di che smettono di mutare. Gli olometaboli costituiscono il gruppo monofiletico degli Endopterygota (=Holometabola), che comprende un totale di quasi 900.000 specie, che includono quattro grandi ordini: Hymenoptera (api, bombi, vespe e formiche, tra altri), Lepidoptera (farfalle e falene), Diptera (mosche e zanzare) e Coleoptera (BELLÉS, 2020). La diversità specifica straordinariamente maggiore degli insetti olometaboli rispetto agli emimetaboli e ametaboli suggerisce già il successo evolutivo propiziato dalla metamorfosi completa.

L'INNOVAZIONE DELLE ALI, L'INTERRUZIONE DELLE MUTE E L'EMERGERE DELL'EMIMETABOLIA

Il registro fossile e le analisi filogenetiche indicano che gli emimetaboli sorsero circa 400 milioni di anni fa. La metamorfosi emimetabola si originò nello stesso periodo della comparsa delle ali, il che non sembra essere una coincidenza, ma piuttosto una conseguenza dell'acquisizione di ali membranose. La ninfa degli insetti emimetaboli è simile all'adulto, e cresce attraverso le successive mute. In questo senso è simile alla ninfa degli ametaboli, ma a differenza di questi, gli emimetaboli

smettono di mutare al raggiungimento dello stato adulto, il che rappresenta una genuina innovazione evolutiva (BELLÉS, 2019a). Probabilmente, tale innovazione è in relazione con la formazione delle ali funzionali durante la metamorfosi, poiché il processo meccanico della muta di una fragile ala membranosa adulta mette a rischio la sua integrità.

Nelle ninfe, i primordi alari si esteriorizzano più o meno presto a seconda dei gruppi. In alcuni, come in diversi ortotteri, i primordi alari possono essere osservati esternamente già dal primo stadio ninfale. Tuttavia, nella maggior parte degli emimetaboli sono visibili dopo alcune mute, spesso nel primo terzo del periodo ninfale, come accade in molte efemere, libellule, cimici dei campi o pidocchi dei libri. In ogni caso, lungo i gruppi di emimetaboli si osserva una tendenza a ritardare l'esteriorizzazione dei primordi alari, il che può essere interpretato come un adattamento a minimizzare i problemi meccanici della muta.

MECCANISMI ASSOCIATI ALL'EMERGERE DELL'EMIMETABOLIA

Le mute che si succedono durante lo sviluppo giovanile sono determinate dall'ormone della muta, generalmente la 20-idrossiecdisione (20E). Un altro ormone importante è l'ormone giovanile (JH), che negli insetti ametaboli adulti ha un ruolo essenziale nella riproduzione stimolando la produzione di vitellogenina, mentre nell'embrione, e possibilmente nelle ninfe, promuove la differenziazione tissutale, ma allo stesso tempo previene i cambiamenti morfogenetici (TRUMAN *et al.*, 2023). Negli insetti emimetaboli, la 20E continua a regolare le mute, ma la JH, oltre a conservare il ruolo vitellogénico ancestrale in molte specie, acquisisce proprietà repressive della metamorfosi. Il meccanismo molecolare che sottende l'azione ormonale è piuttosto semplice. Durante il periodo giovanile, la JH induce l'espressione del gene *Krüppel homolog 1* (*Kr-h1*). L'induzione avviene attraverso il recettore della JH, un dimero formato dalle proteine Methoprene-tolerant (Met) e Taiman. A sua volta, *Kr-h1* reprime l'espressione del gene *E93*, il cui prodotto genico è il fattore scatenante della metamorfosi. L'espressione di *E93* dipende dalla 20E, il cui recettore è un dimero formato dalle proteine Ecdysone receptor (EcR) e Ultraspiracle (USP). In questo modo, la secrezione di JH e la conseguente produzione di *Kr-h1* durante il periodo giovanile mantengono la repressione di *E93*, il che impedisce la metamorfosi. Ciò assicura che l'insetto cresca fino a una dimensione critica ottimale per trasformarsi in un adulto funzionale. Durante l'ultimo stadio ninfale la JH praticamente scompare, per cui cessa la produzione di *Kr-h1*, si attiva *E93* e, di conseguenza, si avvia la morfogenesi adulta. Questo è ciò che si conosce come la via MEKRE93 (BELLÉS e SANTOS, 2014) (Fig. 1).

Recentemente, sono stati descritti due nuovi fattori che contribuiscono alla regolazione della metamorfosi semplice: uno è Chinmo (acronimo di "Chronologically inappropriate morphogenesis") e l'altro è Abrupt. Il ruolo di Chinmo nella metamorfosi è stato descritto da TRUMAN e RIDDIFORD (2022) nella mosca *Drosophila mela-*

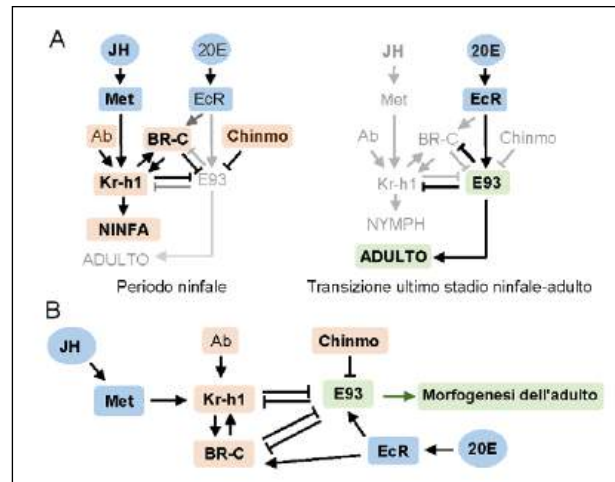


Fig. 1 - La via MEKRE93 negli insetti emimetaboli. (A) Interazioni tra Krüppel homolog 1 (*Kr-h1*), *E93*, Broad-Complex (*BR-C*), Chinmo e Abrupt (*Ab*) che operano durante il periodo ninfale (sinistra) e nella transizione dall'ultimo stadio ninfale all'adulto (destra); l'espressione di *Kr-h1* è promossa dall'ormone giovanile (JH), attraverso il suo recettore Methoprene-tolerant (Met), mentre quella di *BR-C* ed *E93* è promossa dalla 20-idrossiecdisione (20E), attraverso il recettore dell'ecdisione (EcR). (B) La via MEKRE93 negli insetti emimetaboli. Gli schemi integrano le interazioni riportate finora, basate soprattutto su dati ottenuti in *Blattella germanica*, *Gryllus bimaculatus* e *Oncopeltus fasciatus*, da diversi autori (riferimenti nel testo).

nogaster, come un fattore che reprime i geni *E93* (che determina la formazione dell'adulto) e *Broad-Complex* (*BR-C*) (che determina la formazione della pupa, vedi più avanti). Il ruolo di Abrupt nella metamorfosi è stato descritto in un altro olometabolo, il coleottero *Tribolium castaneum*, come fattore che agisce sinergicamente con Chinmo (KHONG *et al.*, 2024). Nell'emittero *Oncopeltus fasciatus* (NAGATA e SUZUKI, 2025) e nella blatta *Blattella germanica* (ESCUDERO *et al.*, 2025), Chinmo reprime l'espressione di *E93* (ma non quella di *BR-C*, il che non è sorprendente poiché gli emimetaboli non hanno fase di pupa), mentre Abrupt è stato osservato in *B. germanica* stimolare l'espressione di *Kr-h1* (ESCUDERO *et al.*, 2025) (Fig. 1). Un ruolo addizionale di *E93* negli emimetaboli, oltre a scatenare la metamorfosi (UREÑA *et al.*, 2014), è promuovere la distruzione della ghiandola proteracica, che produce l'ormone della muta (KAMSOI e BELLÉS, 2020). In questo modo si ottiene che non vi siano ulteriori mute dopo la trasformazione in adulto.

LA LARVA E L'EMERGENTE DELL'OLOMETABOLIA

L'olometabolismo emerge con gli endopterygoti, circa 370 milioni di anni fa. Negli olometaboli, l'embrione dà luogo alla larva, la quale, a differenza della ninfa emimetabola, può essere morfologicamente molto diversa rispetto all'adulto. L'innovazione evolutiva più importante qui è che non si produce l'evaginazione dei primordi alari durante l'embriogenesi, cosicché la larva è sempre attera. Così, i primordi alari si mantengono

internamente come gruppi discreti di cellule precursori immaginali, che rimangono tali fino alla pupa, nella quale evaginano e formano le ali. Se nell'evoluzione degli emimetaboli la tendenza osservata è ritardare l'esteriorizzazione dei primordi alari lungo il periodo ninfale, negli olometaboli i primordi alari non si manifestano esternamente in alcuno stadio larvale. Pertanto, il vantaggio selettivo di minimizzare problemi meccanici durante la muta viene considerevolmente ottimizzato. L'internalizzazione dei primordi alari è un carattere comune a tutti gli Endopterygota e dovrebbe essere presente nel loro ultimo antenato comune. A partire da lì, nei diversi lignaggi che daranno luogo ai vari ordini, si produrrebbe la separazione nell'embrione delle cellule precursori immaginali di altri organi, come occhi, zampe, antenne, apparato genitale, ecc.

Nei lignaggi meno modificati, come quello dei Neuroptera, le differenze esterne della larva rispetto all'adulto consistono essenzialmente nell'assenza di primordi alari esterni e nell'avere occhi semplici invece che composti. Nei gruppi più modificati, come i Diptera Cyclorrhapha, cioè le mosche, praticamente tutte le strutture dell'adulto si formano a partire dalle corrispondenti cellule precursori immaginali. L'unica eccezione è l'epidermide addominale, che si genera a partire da istoblasti. Come in altri Endopterygota, le cellule precursori immaginali delle mosche si localizzano separatamente durante lo sviluppo embrionale, ma durante gli stadi larvali si raggruppano in strutture compatte, chiamate dischi immaginali. *D. melanogaster*, la mosca meglio studiata, possiede 19 dischi immaginali, nove doppi per tutti gli organi simmetrici, e uno asimmetrico per la genitalia (HELD, 2002). In questo modo, la morfologia generale della larva è più o meno diversa rispetto a quella dell'adulto a seconda del lignaggio all'interno degli Endopterygota. Tra le poco modificate crisopidi, nei Neuroptera, e le estremamente modificate mosche, nei Diptera, si osservano i diversi gradi di divergenza della larva rispetto all'adulto (Fig. 2).

LO SVILUPPO DEL CERVELLO È ASSOCIATO ALLO STILE DI VITA

I diversi gradi di divergenza morfologica che osserviamo nella larva hanno un parallelo nella struttura del cervello. In generale, le ninfe hanno una morfologia, un comportamento e uno stile di vita simili all'adulto corrispondente. Conseguentemente, la struttura del cervello del primo stadio ninfale è molto simile a quella dell'adulto, come si è visto nella locusta *Schistocerca gregaria*. Al contrario, la morfologia e lo stile di vita della larva degli olometaboli quasi sempre differiscono rispetto all'adulto. Non sorprende, dunque, che il cervello di una larva terrestre minatrice sia diverso dal cervello dell'adulto volante della stessa specie, in particolare il complesso centrale cerebrale, che è il principale responsabile dell'orientamento spaziale.

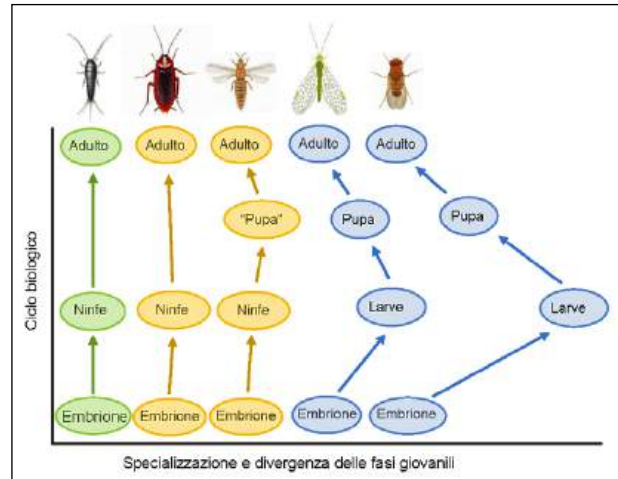


Fig. 2 - Diagramma che mostra la relazione tra il tipo di sviluppo postembrionale e la maggiore specializzazione e divergenza della morfologia ancestrale degli stadi giovanili. Il colore verde rappresenta il tipo ametabolo (rappresentato da un pesciolino d'argento), l'arancione il tipo emimetabolo (rappresentato da una blatta e da un tripide come esempio di paraneottero con stadi quiescenti di tipo pupale), e il blu il tipo olometabolo (rappresentato da un gruppo poco modificato come le crisopidi e uno molto modificato come le mosche). Modificato da BELLÉS (2020).

Nella fase adulta, la struttura del complesso centrale è conservata tra le specie, come si è visto nell'emimetabolo *S. gregaria* e in due olometaboli, il coleottero *T. castaneum* e la mosca *D. melanogaster*. Tuttavia, il complesso centrale non solo differisce tra larva e adulto della stessa specie, ma anche tra larve di specie diverse. Così, mentre nel primo stadio ninfale di *S. gregaria* il complesso centrale è funzionale e ha la stessa struttura dell'adulto, nel primo stadio larvale di *T. castaneum* è funzionale ma presenta una struttura equivalente a quella dell'embrione di *S. gregaria* al 60% dello sviluppo. Nel primo stadio larvale di *D. melanogaster*, il complesso centrale non è funzionale e assomiglia a quello dell'embrione di *S. gregaria* al 45–50% dello sviluppo. Nei due olometaboli la struttura alla fine dell'embriogenesi e nel primo stadio larvale è diversa, ma in entrambi i casi la struttura adulta si raggiunge nella fase pupale. Pertanto, la velocità di sviluppo del complesso centrale non è la stessa in *T. castaneum* e in *D. melanogaster*, ma inoltre l'ordine dei processi di sviluppo differisce in vari dettagli tra i due (FARNWORTH *et al.*, 2020).

LA PUPA, UN PONTE TRA LARVA E ADULTO

La pupa è una conseguenza della divergenza morfologica più o meno marcata della larva rispetto all'adulto. Così, svolge la funzione di ponte tra larva e adulto, anche se la sua morfologia è molto più vicina a quest'ultimo. Di fatto, la formazione della pupa implica una vera metamorfosi durante la quale le cellule precursori immaginali si differenziano in tessuto immaginale. La trasformatio-

ne da larva a pupa non riguarda soltanto la morfologia esterna, come ali, occhi, appendici e l'esoscheletro in generale, ma anche l'anatomia interna. Così, tutti i sistemi interni vengono rimodellati più o meno drasticamente, dal corpo grasso ai sistemi tracheale, digestivo e riproduttivo. Ha luogo anche la strutturazione del sistema nervoso centrale adulto, incluso il cervello e il suo complesso centrale, menzionato nella sezione precedente (FARNWORTH *et al.*, 2020). Sebbene la trasformazione in pupa sia più o meno accentuata a seconda di quanto la larva differisca dall'adulto, anche negli olometaboli meno modificati, come i Neuroptera, la formazione della pupa implica un'importante riorganizzazione dei tessuti, sia esterni sia interni (ZHAO *et al.*, 2022).

Non sorprende che la fase di pupa, che comporta processi estesi di distruzione e formazione dei tessuti, sia quiescente. Solo alcuni gruppi poco modificati, come i Megaloptera, presentano una pupa mobile, che in questo caso è acquatica. Va inoltre segnalato che alcuni gruppi di Paraneoptera, come tripidi, cocciniglie e mosche bianche, presentano anch'essi fasi preadulte quiescenti che sperimentano distruzione massiva dei tessuti e ampia morfogenesi. Queste fasi degli emimetaboli (impropriamente chiamate “prepupae” e “pupe”) dimostrano che questo tipo di stadio quiescente, associato a una significativa riorganizzazione morfologica, si è evoluto indipendentemente al di fuori degli Endopterygota.

REGOLAZIONE DELLA METAMORFOSI OLOMETABOLA. CAMBIAMENTI ENDOCRINI

Come abbiamo visto, la metamorfosi olometabola si sviluppa in due transizioni, quella da larva a pupa e quella da pupa ad adulto. In sostanza, la via MEKRE93 è anch'essa alla base della regolazione della metamorfosi olometabola (BELLÉS, 2019b), poiché la JH e Kr-h1 mantengono la fase larvale, mentre E93 innesca la morfogenesi adulta. Tuttavia, la transizione larva-pupa è determinata dal fattore BR-C. Così, negli insetti olometaboli, E93 specifica la fase adulta (UREÑA *et al.*, 2014) e BR-C la fase pupale (KARIM *et al.*, 1993) (Fig. 3). Come è stato commentato anteriormente, a questi fattori si è recentemente aggiunto Chinmo, la cui relazione con la metamorfosi è stata scoperta da TRUMAN e RIDDIFORD (2022) in *D. melanogaster*, osservando che l'eliminazione di Chinmo promuoveva sintomi di metamorfosi prematura. Il meccanismo di questo effetto si basa sul fatto che Chinmo reprime l'espressione di BR-C e di E93, con ciò mantenendo lo stato larvale (TRUMAN e RIDDIFORD, 2022). Studi successivi hanno confermato il ruolo di Chinmo nella repressione di BR-C e di E93 non solo in *D. melanogaster* (CHAFINO *et al.*, 2023), ma anche in altri due olometaboli: il coleottero *T. castaneum* (KHONG *et al.*, 2024) e il lepidottero *Spodoptera frugiperda* (CHEN *et al.*, 2024) (Fig. 3). Inoltre, in *T. castaneum* il fattore Abrupt contribuisce a mantenere lo stato larvale, agendo in modo sinergico con Chinmo (KHONG *et al.*, 2024), sebbene non si sappia con certezza quale sia il meccanismo di azione sottostante.

Negli olometaboli la via MEKRE93 è anch'esso il principale regolatore della metamorfosi, ma in questo caso la formazione della pupa determinata da BR-C introduce alcune specificità. Così, durante le fasi larvali, Kr-h1 reprime l'espressione di BR-C, ma con la diminuzione di Kr-h1 alla fine dell'ultimo stadio larvale, si avvia un picco di espressione di BR-C e un leggero incremento di quella di E93. Nella prepupa, l'espressione di Kr-h1 aumenta transitoriamente, il che induce un grande picco di espressione di BR-C (al tempo stesso che reprime l'espressione di E93, con ciò si inibisce la morfogenesi adulta), che innesca la fase pupale. Nella pupa diminuisce l'espressione di Kr-h1 e di BR-C, con ciò aumenta quella di E93 e si produce la formazione dell'adulto (dati ottenuti in *D. melanogaster*, *T. castaneum* e *Bombyx mori* da vari autori, e raccolti da BELLÉS, 2020; l'effetto repressore di BR-C su E93 è stato riportato recentemente in *Gryllus bimaculatus* da ISHIMARU *et al.* (2019) e in *S. frugiperda* da LIU *et al.* (2025), si veda la Fig. 3).

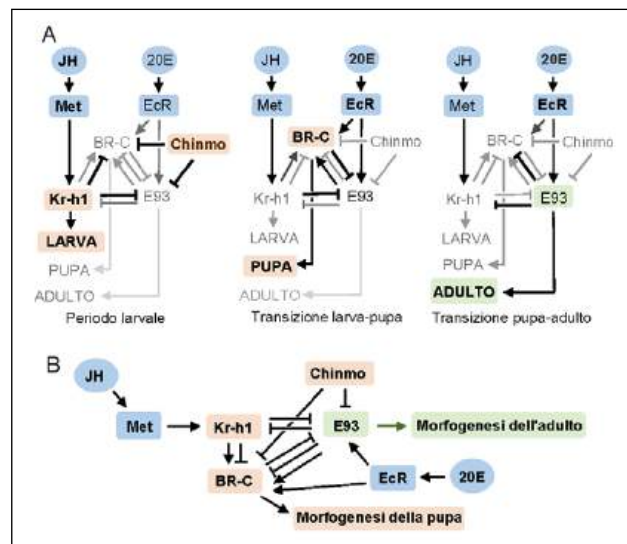


Fig. 3 - La via MEKRE93 negli insetti olometaboli. (A) Interazioni tra Kr-h1, E93, BR-C, Chinmo e Ab che operano durante il periodo larvale (sinistra), nella transizione allo stadio pupale (centro), e dalla pupa all'adulto (destra); l'espressione di Kr-h1 è promossa da JH attraverso il suo recettore Met, mentre quella di BR-C ed E93 è promossa da 20E, attraverso il recettore EcR. (B) La via MEKRE93 negli insetti olometaboli. Gli schemi integrano le interazioni riportate finora, basate soprattutto su dati ottenuti in *Tribolium castaneum*, *Bombyx mori* e *Drosophila melanogaster* da diversi autori (riferimenti nel testo).

MECCANISMI ASSOCIATI ALL'EMERGERE DELL'OLOMETABOLIA

Proponiamo che l'innovazione dell'olometabolismo sia stata guidata dalla pressione selettiva di occultare i primordi alari all'interno del corpo durante tutto il periodo giovanile. Il meccanismo sottostante si baserebbe sul ritardare l'evaginazione dei primordi alari dall'embrione fino alla pupa, in quello che sarebbe un processo di eterocronia, il cui meccanismo sottostante resta da chiarire.

Un primo passo per chiarirlo sarebbe confrontare il processo di evaginazione dei primordi alari nell’embrione degli emimetaboli e delle ali nella pupa degli olometaboli, e identificare i geni essenziali coinvolti. A partire da ciò, tentare di svelare meccanismi che promuovano il ritardo di espressione di questi geni.

D’altra parte, è stato descritto che gli insetti emimetaboli presentano livelli molto elevati di trascritto *E93* all’inizio dell’embriogenesi. Al contrario, tali livelli sono molto bassi nell’embrione olometabolo (FERNANDEZ-NICOLAS *et al.*, 2023). Questa differenza suggerisce che la riduzione dei livelli di *E93* all’inizio dell’embriogenesi potrebbe essere stata un passo chiave per l’emergere dell’olometabolia. Ricordiamo che *E93* è lo specificatore della morfogenesi adulta, e che le ninfe degli emimetaboli possiedono già un piano corporeo adulto.

Per quanto riguarda lo sviluppo postembrionale, e come già detto, il cambiamento più essenziale sarebbe che l’evaginazione delle ali si produrrebbe nella pupa e non nell’embrione. Per il resto, la trasformazione in pupa, oltre all’azione della 20E che innesca la muta corrispondente, sarebbe essenzialmente determinata da *BR-C*. Negli insetti emimetaboli, il gene *BR-C*, stimolato dalla *JH*, si esprime durante tutto il periodo ninfale e promuove la crescita dei primordi alari. Al contrario, la *JH* inibisce l’espressione di *BR-C* nella larva olometabola, inibizione che si interrompe con la riduzione dei livelli di *JH* nella prepupa. Così, tra altre modificazioni di regolazione endocrina, l’innovazione dell’olometabolia avrebbe richiesto un cambiamento di sensibilità del gene *BR-C* alla *JH*, e un ampliamento delle funzioni di *BR-C* da regolare la crescita dei primordi alari a promuovere la morfogenesi globale della pupa (HUANG *et al.*, 2013). Chinmo, che negli emimetaboli reprimeva *E93* (ESCUDERO *et al.*, 2025; NAGATA e SUZUKI, 2025), acquisisce la funzione di reprimere anche *BR-C* negli olometaboli (CHAFINO *et al.*, 2023; CHEN *et al.*, 2024; KHONG *et al.*, 2024; TRUMAN e RIDDIFORD, 2022).

OMOLOGIE ED EVOLUZIONE DELLA METAMORFOSI COMPLETA

Modernamente, l’evoluzione della metamorfosi completa è stata interpretata sulla base delle omologie tra la ninfa emimetabola e la larva e la pupa olometabole. Attualmente coesistono due teorie. Una si basa sul lavoro di HINTON (1963), che propone che il periodo larvale e pupale degli olometaboli deriverebbe direttamente dal periodo ninfale degli emimetaboli, in modo che l’ultima fase ninfale sarebbe omologa alla pupa. Al contrario, TRUMAN e RIDDIFORD (1999), ispirandosi a BERLESE (1913), propongono che la pupa sarebbe omologa a tutto il periodo ninfale degli emimetaboli, mentre il periodo larvale sarebbe omologo alla proninfa degli emimetaboli, una enigmatica fase, libera o meno, alla fine dell’embriogenesi. La controversia tra entrambe le teorie persiste fino ad oggi (dati raccolti in BELLÉS, 2020).

Studi recenti (ZHOU *et al.*, 2024) suggeriscono che il trascrittoma della larva differisce sia da quello della ninfa emimetabola sia da quelli della prepupa e pupa olometabo-

le, mentre queste ultime sarebbero relativamente simili tra loro. Effettivamente, i trascrittomi delle larve appaiono distanti da quelli delle ninfe, il che non è sorprendente dato che le rispettive morfologie sono molto diverse. Non sorprende nemmeno la somiglianza tra ninfe e prepupa e pupa, poiché è durante entrambi i processi che avviene la formazione e maturazione dell’adulto. Sfortunatamente, lo studio non include quella che sarebbe la proninfa emimetabola, il che non consente di affrontare la possibile omologia larva-proninfa postulata da TRUMAN e RIDDIFORD (1999).

La conservazione della via MEKRE93 negli emimetaboli e negli olometaboli supporta l’idea che l’ultima fase ninfale sarebbe omologa alla pupa (BELLÉS e SANTOS, 2011), mentre la struttura differente del cervello della larva nei diversi gruppi di olometaboli (FARNWORTH *et al.*, 2020) rende poco verosimile l’omologia della larva olometabola con la proninfa (ricordiamo che la proninfa è uno stadio situato alla fine dell’embriogenesi emimetabola, quando il complesso centrale cerebrale ha già struttura adulta). In definitiva, i dati più recenti tendono a favorire le idee generali di HINTON sull’omologia delle fasi.

Seguendo l’ipotesi che il principale motore dell’innovazione dell’olometabolia sia stato occultare i primordi alari all’interno del corpo durante tutto il periodo giovanile, dall’uovo dell’ultimo antenato comune degli endopterigoti (olometaboli) emergerebbe un primo stadio larvale simile all’adulto, ma senza primordi alari esterni. Progressivamente, e in diversi lignaggi, si internalizzerebbero come cellule precursori immaginali quelle corrispondenti ad altri organi, fino ad arrivare all’estremo delle mosche, in cui tutto l’adulto, eccetto l’addome, si forma a partire da tali cellule, incapsulate in dischi immaginali. Assicurando internamente il “kit di strumenti” necessario per formare un adulto, la larva potrebbe fare, per così dire, ciò che vuole con il proprio corpo. In altre parole, la larva avrebbe una capacità evolutiva altamente deconstrinata, potendo adottare morfologie molto diverse, dalla forma vermiforme di un minatore a quella articolata e uncinata di un iperparassita. A loro volta, gli adattamenti morfologici sarebbero associati ad adattamenti fisiologici e comportamentali, implicando cambiamenti ad hoc nello sviluppo del sistema nervoso, in generale, e del complesso centrale in particolare. Con questo sensazionale potenziale evolutivo, non sorprende dunque lo straordinario successo raggiunto dagli insetti sul nostro pianeta.

BIBLIOGRAFIA

- BELLÉS X., 2020 - *Insect metamorphosis. From natural history to regulation of development and evolution*. Academic Press, London.
- BELLÉS X., 2019a - *The innovation of the final moult and the origin of insect metamorphosis*. - Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci., 374: 20180415 <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0415>
- BELLÉS X., 2019b - *Krüppel homolog 1 and E93: The doorkeeper and the key to insect metamorphosis*. - Arch. Insect Biochem. Physiol., 103: e21609. <https://doi.org/10.1002/arch.21609>
- BELLÉS X., SANTOS C.G., 2011 - *The MEKRE93 (Methoprene tolerant-Krüppel homolog 1-E93) pathway in the regulation of insect metamorphosis, and the homology of the pupal stage*. - Insect Biochem. Mol. Biol., 52: 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.06.009>
- BERLESE A., 1913 - *Intorno alle metamorfosi degli insetti*. Redia, 9: 121–136.
- CHAFINO S., GIANNIOS P., CASANOVA J., MARTIN D., FRANCH-MARRO X., 2023 - *Antagonistic role of the BTB-zinc finger transcription factors Chinmo and Broad-Complex in the juvenile/pupal transition and in growth control*. - eLife, 12: e84648. <https://doi.org/10.7554/eLife.84648>
- CHEN X., KOO J., ARYA S.K., PALLI S.R., 2024 - *Chronologically inappropriate morphogenesis (Chinmo) is required for maintenance of larval stages of fall armyworm*. - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 121: e2411286121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2411286121>
- ESCUDERO J., GONZALVO J., PIULACHS M.D., BELLÉS X., 2025 - *Chinmo function in cockroaches provides new insights into the regulation and evolution of insect metamorphosis*. - PLOS Genet., 21 (12): e1011993. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1011993>
- FARNWORTH M.S., ECKERMANN K.N., BUCHER G., 2020 - *Sequence heterochrony led to a gain of functionality in an immature stage of the central complex: A fly-beetle insight*. - PLOS Biol., 18: e3000881.
- FERNANDEZ-NICOLAS A., MACHAJ G., VENTOS-ALFONSO A., PAGONE V., MINEMURA T., OHDE T., DAIMON T., YLLA G., BELLÉS X., 2023 - *Reduction of embryonic E93 expression as a hypothetical driver of the evolution of insect metamorphosis*. - Proc. Natl. Acad. Sci. U S A, 120: e221664012.
- HELD L.I., 2002 - *Imaginal discs: The genetic and cellular logic of pattern formation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HUANG J.-H., LOZANO J., BELLÉS X., 2013 - *Broad-complex functions in postembryonic development of the cockroach Blattella germanica shed new light on the evolution of insect metamorphosis*. - Biochim. Biophys. Acta - Gen. Subj. 1830: 2178–2187. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2012.09.025>
- ISHIMARU Y., TOMONARI S., WATANABE T., NOJI S., MITO T., 2019 - *Regulatory mechanisms underlying the specification of the pupal-homologous stage in a hemimetabolous insect*. - Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci., 374: 20190225. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0225>
- KAMSOI O., BELLÉS X., 2020 - *E93-depleted adult insects preserve the prothoracic gland and molt again*. - Development, 147: dev190066. <https://doi.org/https://doi.org/10.1242/dev.190066>
- KARIM F.D., GUILD G.M., THUMMEL C.S., 1993 - *The Drosophila Broad-Complex plays a key role in controlling ecdysone-regulated gene expression at the onset of metamorphosis*. - Development, 118: 977–988.
- KHONG H., HATTLEY K.B., SUZUKI Y., 2024 - *The BTB transcription factor, Abrupt, acts cooperatively with Chronologically inappropriate morphogenesis (Chinmo) to repress metamorphosis and promotes leg regeneration*. - Dev. Biol., 509: 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2024.02.006>
- LIU C., WU M.-Z., ZHENG Z.-J., FAN S.-T., TAN J.-F., JIAO Y., PALLI S.R., ZHU G.-H., - 2025 - *Knockout BR-C induces premature expression of E93 thus triggering adult differentiation under larval morphology*. - Pest Manag. Sci., 81: 1923-1933. <https://doi.org/10.1002/ps.8592>
- NAGATA H., SUZUKI Y., 2025 - *Evolution of complete metamorphosis through temporal shifts in Chronologically inappropriate morphogenesis (Chinmo) and Broad*. - Development, 153: dev204998. <https://doi.org/10.1242/dev.204998>
- STORK N.E., MCBROOM J., GELY C., HAMILTON A.J., 2015 - *New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods*. - Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 112: 7519–7523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502408112>
- TRUMAN J.W., RIDDIFORD L.M., 2022 - *Chinmo is the larval member of the molecular trinity that directs Drosophila metamorphosis*. - Proc. Natl. Acad. Sci. U S A, 119: e2201071119.
- TRUMAN J.W., RIDDIFORD L.M., 1999 - *The origins of insect metamorphosis*. - Nature, 401: 447–452. <https://doi.org/10.1038/46737>
- TRUMAN J.W., RIDDIFORD L.M., KONOPOVÁ B., NOUZOVA M., NORIEGA F., HERKO M., 2023 - *The embryonic role of juvenile hormone in the firebrat, Thermobia domestica, reveals its function before its involvement in metamorphosis*. - eLife, 12: RP92643.
- UREÑA E., MANJÓN C., FRANCH-MARRO X., MARTÍN D., 2014 - *Transcription factor E93 specifies adult metamorphosis in hemimetabolous and holometabolous insects*. - Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 111: 7024–7029. <https://doi.org/10.1073/pnas.1401478111>
- ZHAO C., WANG M., GAO C., LI M., ZHANG K., YANG D., LIU X., 2022 - *Evolution of holometaboly revealed by developmental transformation of internal thoracic structures in a green lacewing Chrysopa pallens (Neuroptera: Chrysopidae)*. - Insect Sci., 29: 767–782.
- ZHOU H., SHU R., ZHANG C., XIAO Y., JING D., TANG J., CAO Z., CHEN X., MEI Y., LI F., - 2024 - *Developmental correspondence of juvenile stages across the locust, harlequin ladybird, and diamondback moth*. - iScience, 27: 110898.

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE, 21 FEBBRAIO 2025

Tavola Rotonda su:

ENGAGING CITIZENS FOR INSECT RESEARCH:
POTENTIAL AND PITFALLS

Coordinatori:

ACCADEMICI SIMONA BONELLI E LEONARDO DAPPORTO

ENGAGING CITIZENS IN SCIENCE, THE ITALIAN STRATEGY AND CASE STUDIES ON INSECTS

ALESSANDRO CAMPANARO

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA)

Corresponding author: alessandro.campanaro@crea.gov.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Engaging citizens for insect research: potential and pitfalls".

Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 21 febbraio 2025.

Citizen Science (CS) represents a powerful approach in biodiversity monitoring, facilitating the collection of large-scale datasets through the involvement of non-professional volunteers, while providing significant impacts at both societal and individual levels. This paper explores the core characteristics, strengths, and weaknesses of CS, providing a brief overview of the Italian strategy. Subsequently, the study focuses on protected saproxylic beetles, primarily utilizing data collected through two national initiatives: the Life MIPP Project and InNat. These platforms were specifically designed to monitor species listed in the Habitats Directive, with a particular emphasis on five protected saproxylic beetles (*Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Morimus asper*, *Rosalia alpina*, and *Osmoderma eremita*). By integrating contributory and collaborative CS models, these initiatives have successfully gathered thousands of validated opportunistic records, significantly expanding the known distribution of these species in Italy. Furthermore, the resulting data proved essential for deriving high-resolution insights and developing Species Distribution Models to identify habitat suitability hotspots and conservation gaps. From a bio-ecological perspective, the analysis of data collected by the European Stag Beetle Monitoring Network is also discussed. The presented results demonstrate that, when supported by expert validation and institutional frameworks, CS represents a robust tool for environmental reporting and the strategic planning of national conservation networks.

KEY WORDS: Species monitoring, occurrence data, volunteering, saproxylic beetles, protected species

INTRODUCTION

"Citizen science" (CS) is a common name for a wide range of activities and practices. For this reason, several definitions exist, at least 34 options according to HAKLAY *et al.* (2021). Broadly, CS can be defined as the involvement of non-professional volunteers in a scientific research activity and, accordingly to the level of participant engagement, different categories can be outlined. A commonly used framework distinguishes three main models (SHIRK *et al.*, 2012): contributory, collaborative, and co-created projects, which also reflect the rate of responsibility of participants in respect to professionals into the research process. In contributory projects, scientists design the research protocol and volunteers primarily contribute by collecting or submitting data. Many large-scale biodiversity monitoring initiatives fall within this category. In collaborative projects, participants contribute not only to data collection but also to aspects such as data interpretation, dissemination of results, or refinement of research protocols. Finally, co-created projects involve participants in all phases of the research process, from defining research questions to interpreting results. In general, a CS initiative can be considered as such if it follows the 10 fundamental principles provided by the European Citizen Science Association (ECSA, 2015). These aspects

should be carefully considered in determining if given research fits or not with CS initiatives,

Even at the basal and most common level of involvement, applying citizen science might require a change in working habits, operational processes, and in hierarchies and CS should not be confused with generic forms of public participation.

Considering different fields of science, the ambit of research can embrace, potentially, all the scientific disciplines, e.g., astronomy, natural science, ecology, public health, as well as in the humanities (KULLENBERG and KASPEROWSKI, 2016; FRAISL *et al.*, 2026). Nevertheless, environmental monitoring and biodiversity research is an ideal field of application for CS, being conservation, biodiversity and climate change the most common keyword in CS studies (KULLENBERG and KASPEROWSKI, 2016.). In this context an increasing number of CS projects have been developed, such as those for monitoring atmospheric and water quality (JOLLYMORE *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2022), cataloguing species distributions (FELDMAN *et al.*, 2021; MATUTINI *et al.*, 2021), monitoring population of species of conservation interests (CHANDLER *et al.*, 2017; JOLLYMORE *et al.*, 2017; SOROYE *et al.*, 2018), mapping non-native invasive organisms (CRALL *et al.*, 2015; ENCARNÇÃO *et al.*, 2021; HOWARD *et al.*, 2022).

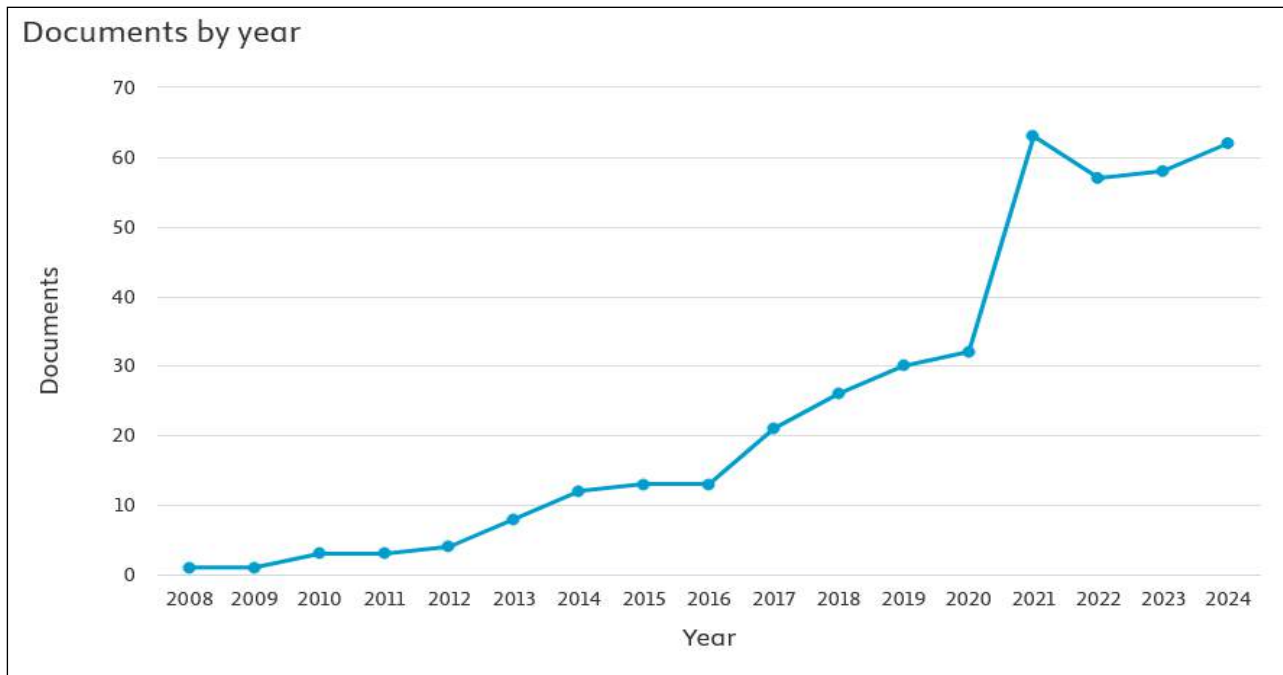


Fig. 1 - Number of journal articles indexed in the Scopus database that include the terms “citizen science” and “insect” in the title, abstract, and/or keywords.

In this respect, insects, a taxonomically diverse and ecologically crucial component of global biodiversity, have been rather addressed in CS initiatives and publications (see Fig. 1), mainly with a focusing those charismatic groups easily detectable and identifiable also by non-experts, such as pollinators (VAN SWAAY *et al.*, 2008; DENNIS *et al.*, 2017; BARAHONA-SEGOVIA *et al.*, 2023).

Citizen science is also closely linked to the broader concept of “open science”. Open science promotes transparency, accessibility and collaboration in research, encouraging the sharing of knowledge, open access to scientific outputs and the development of digital platforms that facilitate cooperation between researchers and the public (Commission Recommendation (EU) 2018/790 of 25 April 2018 on access to and preservation of scientific information).

Benefits of CS are clearly related to the amount of data achieved, in terms of space (large coverage) and time (rapid data collection) (POCOCK *et al.*, 2018), also providing ecological insights that are often unattainable by professional scientists alone (WALKER and TAYLOR, 2017; ALFEUS *et al.*, 2025). In addition to the scientific perspective CS can generate other benefits. At the political and environmental level, data collected through citizen science projects can support biodiversity conservation and environmental management (MCKINLEY *et al.*, 2017). These datasets can inform decision-making processes and contribute to monitoring the status and trends of species and ecosystems (HORNS *et al.*, 2018; VAN SWAAY *et al.*, 2025). CS also plays an important role in strengthening the relationship between science and society (BONNEY *et al.*, 2016). By involving citizens directly in scientific activities, participatory projects help bridge the gap between re-

searchers and the public, fostering mutual trust and improving understanding of the scientific process (STRASSER *et al.*, 2019). Finally, citizen science initiatives often have significant educational impacts. Participants can increase their scientific literacy, acquire new skills and develop a greater awareness of environmental issues. In many cases, involvement in citizen science projects can lead to changes in attitudes and behaviours toward nature conservation, also empowering citizens in decision-making processes and supporting conservation actions (SCHADE *et al.*, 2021).

PITFALLS OF CITIZEN SCIENCE

Despite its many advantages, CS also presents several methodological and organisational challenges that must be addressed when designing participatory research projects (FRIGERIO *et al.*, 2018).

Communication is a vital component of any CS project for recruiting and engaging citizen scientists, increasing the visibility of your research project and informing about the project’s results and outcomes (RÜFENACHT *et al.*, 2021). This aspects need to encompass issues related to the driver and barriers for volunteer participation, necessity to clearly state the benefits for participating in a CS initiative and the necessity to find proper tools and tactics for ensuring a continued participation (retention) (RICHTER *et al.*, 2018).

Sampling protocol should be designed for ensuring scientific reliability but should be easy enough to allow participants to collect data independently. In many cases, it is advisable to adopt existing methodologies and data standards rather than developing entirely new protocols.

Data quality is considered the main obstacle and

source of criticism for CS (JOHNSTON *et al.*, 2023) a. However, several mechanisms can be implemented to improve the reliability of the collected information. These include pilot testing of sampling protocols, training activities for volunteers and the development of validation and verification procedures. Another factor that helps at this level is the large number of observations typically generated by citizen science initiatives. Large datasets and repeated observations can compensate for individual errors and increase the overall robustness of the data.

When appropriately designed and managed, CS can provide high-quality data - similar to more conventional methods (KOSMALA *et al.*, 2016).

THE ITALIAN STRATEGY

The development of citizen science in Italy has largely followed a bottom-up approach driven by individual researchers that started to cooperate becoming an informal group.

An important milestone was the first Italian Citizen Science Conference held in 2017. This event was followed by a series of roundtables and workshops aimed at developing a shared national strategy for citizen science. In 2019 a policy brief was published (DITOs CONSORTIUM, 2019) and, in subsequent initiatives, the network of researchers and practitioners constantly grew. In 2021, a national meeting further strengthened collaboration among institutions and researchers involved in citizen science initiatives and give the direction for the establishment of the Italian Citizen Science Association in February 2023. The association aims to promote the development of citizen science in Italy and represent the Italian community at national and international levels. It represents the coordinated national framework that supports the development of CS in Italy. In addition, two National conferences have been organized by CSI: Pisa, 24-26 November 2023 (<https://www.citizenscience.it/en/convegno23/>), Bologna, 9-12 April 2025 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.15370521>).

Notable is the participation of CSI to the activities of the SPOKE 3 “Assessing and monitoring terrestrial and freshwater biodiversity and its evolution: from taxonomy to genomics and citizen science” of “National Biodiversity Future Center – NBFC” project adopted by the Italian Ministry of University and Research. Within such a framework, the first Citizen science course dedicated to the researchers involved into this project was held in Siena.

CITIZEN SCIENCE FOR BIODIVERSITY STUDY

The development of digital technologies and online platforms has greatly expanded the opportunities for citizen participation in biodiversity monitoring. Mobile applications and online databases allow volunteers to easily record observations and share them with the scientific community in a short period (HOGNOGI *et al.*, 2023; RODRÍGUEZ-LOINAZ *et al.*, 2024).

Two type od approaches are generally carried out when CS is used to survey the biodiversity. The first one is represented by opportunistic monitoring programs (cross-sectional surveying) in which spontaneous observations are submitted by participants: volunteers independently decide when and where to record observations and which species to report. The second one can be defined as longitudinal surveying and consists in coordinated monitoring programs in which there is a clear coordination by research institutions and predefined sampling protocols are used. Training activities and clearly defined sampling locations and survey periods are also defined a priori.

Although opportunistic datasets may present biases related to uneven sampling effort, they can generate extremely large datasets and provide extensive geographic coverage (POCOCK *et al.*, 2018). In contrast the coordinated programmes generally produce datasets that are more standardised and less influenced by observer behaviour, focus on a specific objective, area or focus groups. In many cases, the combination of structured monitoring programmes and opportunistic observations can provide complementary information.

CITIZEN SCIENCE FOR SAPROXYLIC BEETLES

An important starting point for the study of protected species of insects in Italy, with special regards to saproxylic beetles, is represented by the LIFE project MIPP (LIFE11 NAT/IT/000252), “Monitoring of insects with public participation,” and the subsequent InNat “Promozione della Rete Natura 2000 e il Monitoraggio a scala nazionale di specie di insetti protetti” initiative, in which, from 2014 to 2024, approximately 1,200 volunteers produced more than 6,000 occurrence records for 31 insect species (LENZI *et al.*, 2025; , CAMPANARO *et al.*, 2025, Fig. 2).



Fig. 2 - Spatial distribution of occurrence records of protected insect species in Italy derived from the GBIF dataset “Occurrences of protected species of insects in Italy”, based on citizen science observations validated by experts. Source: CAMPANARO *et al.* (2025), <https://doi.org/10.15468/m5sfc6>

The data significantly increased the knowledge on the distributional ranges of certain species (i.e., *Lucanus cervus* Linnaeus, 1758, *Morimus asper* (Sulzer, 1776), *Rosalia alpina* Linnaeus, 1758) as analysed by ZAPPONI *et al.* (2017) for the period 2014–2015 demonstrating how this approach should be complementary to the canonical researches performed by professional entomologists. For instance, by comparing citizen science data with national inventories and calculating the number of occupied 10×10 km grid cells, the authors demonstrated an average range expansion of 30% and a 11% overlap in shared cells across the three species.

The same data deriving from the MIPP and InNat initiatives have proven to be particularly useful for deriving information relevant to conservation planning, as outlined by REDOLFI DE ZAN *et al.* (2023). The integration of CS data has, in fact, enabled the application of Species Distribution Models (SDMs) to predict the current range of the main protected saproxylic beetles in Italy. By analyzing validated presence data alongside bioclimatic and environmental variables, habitat suitability (HS) maps were generated for the ‘Big Five’ (i.e., *Cerambyx cerdo* Linnaeus, 1758, *L. cervus*, *M. asper*, *Osmoderma eremita* (Scopoli, 1763) and *R. alpina*), exploring their specific ecological niches. A gap analysis further revealed that approximately 50% of the optimal habitat falls within the existing Italian protected areas network, identifying crucial hotspots along the Apennines and in the North-East. These suitability maps not only support the identification of ecological corridors and the planning of targeted monitoring in previously unsurveyed areas but also serve as a vital tool for national authorities in assessing extinction risks and guiding the strategic expansion of the conservation network.

Moreover, the multitude of images generated within the two initiatives were used to develop a new workflow and technical protocol aimed at characterising and investigating elytral pattern of the longhorn beetle *R. alpina*. The method was presented as a poster during the 83° Italian Union Zoological Congress (11th – 14th September 2024, Pisa).

Moving to the European scale, The European Stag Beetle (*Lucanus cervus*) Monitoring Network (<https://www.stagbeetlemonitoring.org/>) every year collect standardized data (according to the protocol of CAMPANARO *et al.*, 2016) in several countries. THOMAS *et al.* (2021) demonstrated that the biology and ecology of the species significantly differ across Europe, characteristics that directly affects monitoring protocols. For instances, their study, involving 656 volunteers across 13 countries and 195 transects, showed that the peak timing of observations relative to sunset varies among the three studied macro-regions (North, Southeast, and Southwest).

Focusing on collaborative CS, it should be mentioned the effort conducted by the LIFE17 ESC/IT/001 “360 volunteers for monitoring forest biodiversity in the Italian Natura 2000 Network” (LIFE ESC360)

(BARDIANI *et al.*, 2022), in which the surveillance of insect species according to the Habitats Directive articles 11, 16 has been carried out by volunteers into Italian State reserves. Participants have been trained and were constantly tutored by experts, producing the continuation of existing data series on insect population and providing new discoveries, as the first record of the hermit beetle, *O. eremita* in Circeo Forest (LENZI *et al.*, 2022).

As last example, the potential of CS was further explored through a multidimensional study on *L. cervus*, focusing on population dynamics, habitat requirements, and allometric variations (GIANNETTI *et al.*, 2023). By involving volunteers in daily 500-meter transect walks, the study estimated significant population sizes using Capture-Mark-Recapture (CMR) methods. The research highlighted a critical ecological link between beetle presence and the availability of large deadwood components, such as trunks and branches exceeding 20 cm in diameter. Furthermore, while allometric analysis confirmed a strong correlation between mandible and elytron length, the observed absence of large-sized ‘exaggerated’ morphs suggested potential limitations in the quality or quantity of larval food sources in the study areas. Finally, the study demonstrated that environmental factors, particularly air temperature, significantly influence capture probability, with a more pronounced effect on the activity levels of females than males.

CONCLUSIONS

In conclusion, CS is more than a simple data collection tool; it is a strategic asset for national biodiversity conservation. The transition from contributory to collaborative models allows to retrieving a baseline set of data at regional, national or European level for a wide range of biological and ecological studies. An improved societal awareness on environmental issues is a parallel fundamental outcome.

In the case of saproxylic beetles, the integration of validated opportunistic records into institutional frameworks has proven essential for the surveillance of protected species, updating national distribution maps, refining Species Distribution Models, and identifying critical conservation gaps that traditional surveys might overlook.

However, the long-term success of these initiatives relies on the continuous synergy between professional researchers and a volunteer network and requires the sustainability of institutional support.

ACKNOWLEDGMENTS

I am grateful to Alice Lenzi (Laboratory for the Conservation of Functional Biodiversity in Forest Ecosystems, CREA-DC) for her careful revision of the manuscript and valuable suggestions. I would also like to thank Silvia Gisondi for her support and collaboration as a member of the laboratory.

REFERENCES

- ALFEUS M., IRISH J., BIRKHOFFER K., 2025 – *Recognition and completeness metrics from iNaturalist and GBIF can inform future citizen science and research projects: a case study on arthropods in Namibia.* – Biodivers. Conserv., 34:467–480. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02981-z>
- BARAHONA-SEGOVIA R.M., DURÁN-SANZANA V., MURÚA M., 2023 – *This flower is our bed: long-term citizen science reveals that hummingbird flies use flowers with certain shapes as sleeping places.* – Arthropod-Plant Interact., 17:1–10. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09936-7>
- BARDIANI M., CAMPANARO A., DAMIANI G., LA CIVITA F., LENZI A., MINARI E., PETRICCIONE B., REDOLFI DE ZAN L., ROMANO M., RUOCCO M., 2022 – *Monitoring of protected species and habitats with the involvement of volunteers: the experience of LIFE ESC360.* Cierre Grafica. 48. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7400475>
- BONNEY R., PHILLIPS T.B., BALLARD H.L., ENCK J.W., 2016 – *Can citizen science enhance public understanding of science?* – PUS., 25:2–16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- CAMPANARO A., ZAPPONI L., HARDERSEN S., MÉNDEZ M., AL FULAJI N., AUDISIO P., BARDIANI M., CARPANETO G.M., COREZZOLA S., DELLA ROCCA F., HARVEY D., HAWES C., KADEJ M., KARG J., RINK M., SMOLIS A., SPRECHER E., THOMAS A., TONI I., VREZEC A., ZAULI A., ZILIOI M., CHIARI S., 2016 – *A European monitoring protocol for the stag beetle, a saproxylic flagship species.* – Insect Conserv. Divers., 9:574–584. <https://doi.org/10.1111/icad.12194>
- CAMPANARO A., BARDIANI M., HARDERSEN S., GISONDI S., LENZI A., 2025 – *Occurrences of protected species of insects in Italy.* – Version 1.5. Council for Agricultural Research and Economics, Research Centre for Plant Protection and Certification. Occurrence dataset. https://cloud.gbif.org/eca/resource?r=protected_insects_of_italy&v=1.5
- CHANDLER M., SEE L., COPAS K., BONDE A.M.Z., LÓPEZ B.C., DANIELSEN F., LEGIND J.K., MASINDE S., MILLER-RUSHING A.J., NEWMAN G., ROSEMARYN A., TURAK E., 2017 – *Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring.* – Biol. Conserv., 213:280–294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- CRALL A.W., JARNEVICH C.S., YOUNG N.E., PANKE B.J., RENZ M., STOHLGREN T.J., 2015 – *Citizen science contributes to our knowledge of invasive plant species distributions.* – Biol. Invasions., 17:2415–2427. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0885-4>
- DENNIS E.B., MORGAN B.J.T., BRERETON T.M., ROY D.B., FOX R., 2017 – *Using citizen science butterfly counts to predict species population trends.* – Conserv. Biol., 31:1350–1361. <https://doi.org/10.1111/cobi.12956>
- DITOs CONSORTIUM, 2019 – *Towards a Shared National Strategy: Guidelines for the Development of Citizen Science in Italy.* – DITOs policy briefs 6. Doing It Together Science (DITOs): London, UK.
- ECSA (EUROPEAN CITIZEN SCIENCE ASSOCIATION), 2015 – *Ten principles of citizen science* – <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>.
- ENCARNAÇÃO J., BAPTISTA V., TEODÓSIO M.A., MORAIS P., 2021 – *Low-Cost Citizen Science Effectively Monitors the Rapid Expansion of a Marine Invasive Species.* – Front. Environ. Sci., 9-2021. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.752705>
- FELDMAN M.J., IMBEAU L., MARCHAND P., MAZEROLLE M.J., DARVEAU M., FENTON N.J., 2021 – *Trends and gaps in the use of citizen science derived data as input for species distribution models: A quantitative review.* – PLOS ONE., 16:1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234587>
- FRAISL D., SEE L., MACFEELY S., MOORTHY I., ULRICH G.-S., SEIDU O., GREY F., SCHÜTZ S., MCCALLUM I., 2026 – *Why citizen science is now essential for official statistics.* – Communications Sustainability, 1(1):2. <https://doi.org/10.1038/s44458-025-00008-4>
- FRIGERIO D., PIPEK P., KIMMIG S., WINTER S., MELZHEIMER J., DIBLÍKOVÁ L., WACHTER B., RICHTER A., 2018 – *Citizen science and wildlife biology: Synergies and challenges.* Ethol., 124:365–377. <https://doi.org/10.1111/eth.12746>
- GIANNETTI D., SCHIFANI E., LEONARDI S., FIOR E., SANGIORGI S., CASTRACANI C., BARDIANI M., CAMPANARO A., GRASSO D.A., 2023 – *A multidimensional study on population size, deadwood relationship and allometric variation of Lucanus cervus through citizen science.* – Insect Conserv. Divers., 16:638–648. <https://doi.org/10.1111/icad.12660>
- HAKLAY M., DÖRLER D., HEIGL F., MANZONI M., HECKER S., VOHLAND K., 2021 – *What Is Citizen Science? The Challenges of Definition.* – In: Vohland, K., et al. The Science of Citizen Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2
- HOGNOGI G.G., MELTZER M., ALEXANDRESCU F., ȘTEFĂNESCU L., 2023 – *The role of citizen science mobile apps in facilitating a contemporary digital agora.* – Humanit. Soc. Sci. Commun., 10(1)863. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02358-7>
- HORNS J.J., ADLER F.R., ŞEKERÇIOĞLU Ç.H., 2018 – *Using opportunistic citizen science data to estimate avian population trends.* – Biol. Conserv. 221, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.027>
- HOWARD L., REES C.B. VAN DAHLQUIST Z., LUIKART G., HAND B.K., 2022 – *A review of invasive species reporting apps for citizen science and opportunities for innovation.* – NeoBiota 71:165–188. <https://doi.org/10.3897/neobiota.71.79597>
- JOHNSTON A., MATECHOU E., DENNIS E.B., 2023.– *Outstanding challenges and future directions for biodiversity monitoring using citizen science data.* – Methods Ecol. Evol. 14:103–116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13834>
- JOLLYMORE A., HAINES M.J., SATTERFIELD T., JOHNSON M.S., 2017 – *Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives.* – J. Environ. Manag., 200:456–467. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.083>
- KOSMALA M., WIGGINS A., SWANSON A., SIMMONS B., 2016 –

- Assessing data quality in citizen science.* – Front. Ecol. Environ., 14:551–560. <https://doi.org/10.1002/fee.1436>
- KULLENBERG C., KASPEROWSKI D., 2016 – *What is citizen science?—a scientometric meta-analysis.* – PLOS ONE., 11:e0147152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>.
- LENZI A., GISONDI S., BARDIANI M., HARDERSEN S., MAURIZI E., MOSCONI F., NARDI G., CAMPANARO A., 2025 – *Protected insect species in Italy: occurrence data from a 10-year citizen science initiative.* – Biodivers. Data J., 13:e151742. <https://doi.org/10.3897/BDJ.13.e151742>
- LENZI A., MAURIZI E., MOSCONI F., FRANCESCATO S., CECCHETTI M., DALLA VALLE M., NOAL A., STOLFA G., ROVERSI P. F., CAMPANARO A., 2022 – *Osmoderma eremita (Scopoli, 1763) (Coleoptera Scarabaeidae Cetoniinae) in Circeo State Forest (Central Italy).* – Redia, 105:71–75. <https://doi.org/10.19263/REDIA-105.22.08>.
- LU T., LIU Y., GARCIA A., WANG M., LI Y., BRAVO-VILLASENOR G., CAMPOS K., XU J., HAN B., 2022 – *Leveraging Citizen Science and Low-Cost Sensors to Characterize Air Pollution Exposure of Disadvantaged Communities in Southern California.* – International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph19148777>
- MATUTINI F., BAUDRY J., PAIN G., SINEAU M., PITHON J., 2021 – *How citizen science could improve species distribution models and their independent assessment.* – Ecol. and Evol., 11:3028–3039. <https://doi.org/10.1002/ece3.7210>
- MCKINLEY D.C., MILLER-RUSHING A.J., BALLARD H.L., BONNEY R., BROWN H., COOK-PATTON S.C., EVANS D.M., FRENCH R.A., PARRISH J.K., PHILLIPS T.B., RYAN S.F., SHANLEY L.A., SHIRK J.L., STEPENUCK K.F., WELTZIN J.F., WIGGINS A., BOYLE O.D., BRIGGS R.D., CHAPIN S.F., HEWITT D.A., PREUSS P.W., SOUKUP M.A., 2017 – *Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection.* – In: The role of citizen science in biological conservation. Biol. Conserv., 208:15–28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015>
- POCOCK M.J.O., CHANDLER M., BONNEY R., THORNHILL I., ALBIN A., BACHMAN S., PETER M.J.B., GASPARINI FERNANDES CUNHA D., GREZ A., JACKSON C., PETERS M., ROMER RABARJAON N., ROY H.E., ZAVIEZO T., DANIELSEN F., 2018 – *A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science* – In: Advances in Ecological Research. Academic Press, 169–223. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003>
- REDOLFI DE ZAN L., ROSSI DE GASPERIS S., ANDRIANI V., ET AL., 2023 – *The Big Five: species distribution models from citizen science data as tool for preserving the largest protected saproxylic beetles in Italy.* – Diversity, 15. <https://doi.org/10.3390/d15010096>
- RICHTER A., HAUCK J., FELDMANN R., KÜHN E., HARPEKE A., HIRNEISEN N., MAHLA A., SETTELE J., BONN A., 2018 – *The social fabric of citizen science—drivers for long-term engagement in the German butterfly monitoring scheme.* – J. Insect Conserv. 22:731–743. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0097-1>
- RODRÍGUEZ-LOINAZ G., AMETZAGA-ARREGI I., PALACIOS-AGUNDEZ I., 2024 – *ICT tools and citizen science: a pathway to promote science learning and education for sustainable development in schools.* – J. Biol. Educ., 58:609–625. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2092192>
- RÜFENACHT S., WOODS T., AGNELLO G., GOLD M., HUMMER P., LAND-ZANDSTRA A., SIEBER A., 2021 – *Communication and Dissemination in Citizen Science.* – In: Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., Wagenknecht, K. (Eds.), The Science of Citizen Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 475–494. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_24
- SCHADE S., PELACHO M., VAN NOORDWIJK T., VOHLAND K., HECKER S., MANZONI M., 2021 – *Citizen Science and Policy.* – In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, K., Wagenknecht A. D. *The Science of Citizen Science* Springer International Publishing. 351–371. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_18
- SHIRK J.L., BALLARD H.L., WILDERMAN C.C., PHILLIPS T., WIGGINS A., JORDAN R., MCCALLIE E., MINARCHEK M., LEWENSTEIN B. V., KRASNY M.E., BONNEY R., 2012 – *Public Participation.* – In: Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. Ecol. Soc., 17(2). <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>
- SOROYE P., AHMED N., KERR J.T., 2018 – *Opportunistic citizen science data transform understanding of species distributions, phenology, and diversity gradients for global change research.* – Glob. Change Biol. 24:5281–5291. <https://doi.org/10.1111/gcb.14358>
- STRASSER B. J., BAUDRY J., MAHR D., SANCHEZ G., TANCOIGNE E. 2019 – *“Citizen Science”? Rethinking Science and Public Participation.* – Sci. Technol. Stud., 32(2):52–76. <https://doi.org/10.23987/sts.60425>
- VAN SWAAY C., SCHMUCKI R., ROY D., DENNIS E., COLLINS S., FOX R., KOLEV Z.D., G. SEVILLEJA C., WARREN M. S., WHITFIELD A., WYNHOFF I., ARNBERG H. J. H., BALALAIKINS M., BAREA J. M., BOE A. M. B., BONELLI S., BOTHAM M. S., BOURN N. A. D., CANCELA, J. P., ZOGRIFOU K., 2025 – *EU Grassland Butterfly Indicator 1990-2023 Technical report.* – Butterfly Conservation Europe & EMBRACE/eBMS (www.butterfly-monitoring.net) & Vlinderstichting report VS2025.014. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16281873>
- VAN SWAAY C. A. M., NOWICKI P., SETTELE J., VAN STRIEN A., J. 2008 – *Butterfly monitoring in Europe: Methods, applications and perspectives.* – Biodiv. and Conserv., 17(14):3455–3469. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9491-4>
- WALKER J., TAYLOR P.D., 2017 – *Using eBird data to model population change of migratory bird species.* – ACE 12, art4. <https://doi.org/10.5751/ACE-00960-120104>
- ZAPPONI L., CINI A., BARDIANI M., HARDERSEN S., MAURA M., MAURIZI E., REDOLFI DE ZAN L., AUDISIO P., BOLOGNA M. A., CARPANETO G. M., ROVERSI P. F., SABBATINI PEVERIERI G., MASON F., CAMPANARO A., 2017 – *Citizen science data as an efficient tool for mapping protected saproxylic beetles.* – Biol. Conserv., 208:139–145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.035>

THE ITALIAN BUTTERFLY MONITORING SCHEME, A SUCCESSFUL STORY

SIMONA BONELLI

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università degli Studi di Torino;
Corresponding Author: simona.bonelli@unito.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Engaging citizens for insect research: potential and pitfalls”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 21 febbraio 2025.

Butterflies are charismatic insect, often easy to detect and recognize at species level. They are among the very few invertebrates to generate positive reactions rather than disgust, and for these reasons are the only one invertebrate group monitored at EU level. Butterfly monitoring is increasingly popular in Europe, mainly supported by Butterfly Conservation Europe (BCE) and its partners. Butterfly Monitoring Schemes are present in an increasing number of countries and new ones are being established in many regions, although long-term data are currently available for only a limited number of countries.

All standardized butterfly counts are recorded along fixed transect routes that are repeated in time (since 1976 in the UK) and the results are collected in the European Butterfly Monitoring Scheme (eBMS) database. Volunteers and professionals have recorded nearly 60.6 million butterflies identified at the species level in the eBMS database.

Thanks to these data the Red List of European Butterflies was update and shows that almost one-third (30.9%) of extant butterflies are now threatened or Near Threatened in the EU27 countries (van Swaay *et al.* 2025).

Italy joined the network late in 2019. Nevertheless, the Italian network is growing fast and in 2025 more that 200 permanents transect are established and 180 volunteers involved.

KEY WORDS: Butterflies; Pollard transect; Semiquantitative data; Structured citizen science; Grassland Butterfly Index

INTRODUCTION

Monitoring butterflies is an important activity since they are good indicators of biodiversity, and they quickly react to environmental change. These insects are frequently used by biologist as model organisms to study the impact of habitat loss, fragmentation and climate change. Areas rich in butterflies typically have a wide range of other invertebrates, so they are indicators of a healthy environment and well-functioning ecosystems. Butterflies also pollinate a large range of flowering plants including vegetables, giving them economic importance.

For all these reasons, butterflies are one of the best monitored insect groups in Europe. The first Butterfly Monitoring Scheme began in the United Kingdom in 1976 (UKBMS), using the same standardised survey method (the transect) designed by Ernie Pollard and since then, this methodology has been adopted in many other European countries to monitor butterflies.

The Butterfly Monitoring Scheme it is a counting of butterfly species using a method share with all Europe. The project aims to evaluate butterfly population abundances, in order to establish a proper conservation strategy thanks to the efforts of many volunteers. Since 1990, many countries have joined the scheme and they now submit data to the European Butterfly Monitoring

Scheme (eBMS) database. The eBMS is a good example of project based on Citizen Science as all the data are gathered by volunteers who have been trained (or are self-taught) to recognise and identify species and follow the protocols of monitoring along butterfly transects.

All schemes apply the method initially developed for the UK Butterfly Monitoring Scheme: the counts are conducted along fixed transects of 0.5 to 1 kilometer in length, divided into smaller sections for recording. Butterfly counts are conducted between February-October, depending on the region. Visits are only conducted when weather conditions meet specific criteria.

ITALIAN BUTTERFLY MONITORING SCHEME

The Italian Butterfly Monitoring Scheme (ITBMS) is part of the European Butterfly Monitoring Scheme (eBMS), contributing valuable data and expertise to assess the status of European butterflies. Established in 2019 through the collaboration of expert lepidopterists and the European project ABLE (Assessing Butterflies in Europe), the ITBMS continues its vital pollinator monitoring work under the coordination of the SPRING project (Strengthening Pollinator Recovery through Indicators and Monitoring). The diversity of habitats in Italy is also reflected in its diversity of butterfly species. After

Turkey, Italy hosts the second highest butterfly species richness in Europe (293 species; BALLETO *et al.*, 2021), of which 17 (6.0%) are endemics and 20 sub-endemics (7.1%) with very restricted ranges. The country's extensive latitudinal span and its considerable altitudinal range (from sea level to 4,810 m a.s.l. at Mont Blanc) result in pronounced climatic and environmental variability. Moreover, Italy's central position within the Mediterranean basin promotes the coexistence of species originating from different zoogeographic subregions. At the national scale, butterfly diversity is highest in northern Italy, where the Alpine regions host a wide range of habitats. Consequently, butterfly richness is not uniform across the Italian territory and varies among different transects. As part of the project, several workshops were organised to train volunteers on butterfly identification and transect design. Workshops often took place in National and Regional Parks, or protected areas, to strengthen relationships with these institutions and involve park rangers in monitoring. Furthermore, a system for evaluating species identifications was established. Through an iNaturalist project, the ITBMS involved expert taxonomists from the Italian Lepidopterological Association (ALI) identifications to validate the made by volunteers. Collaboration stakeholders, among including different institutions, associations, and NGOs, has been essential to the success of the ITBMS. Broad public participation and Italy's extraordinary biodiversity form the two pillars of the project and are the main reasons behind its impressive achievements in such a short time. The keys to its success lie in strong regional coordination and a continually growing network of dedicated volunteers.

BUTTERFLY COUNTING TRANSECTS

The transect method for counting butterflies is the main sampling tool used by Butterfly Monitoring Schemes (BMSs). It is a standardised method, developed by Ernie Pollard in the United Kingdom in 1974 (POLLARD and YATES, 1993), which consists of counting butterflies along fixed routes (transects), with frequent visits (ideally weekly) in good weather conditions. Transects are typically 500 - 1 km long and are divided into sections representing different habitats or simply separate components of the same site. During the walk along the established route, only individuals sighted within an imaginary cube of 5 m width, 5 m height, and 5 m distance in front of the observer are counted. The period during which monitoring is performed varies between different European regions based on regional variability in the butterfly flight period (i.e., the length of the local flight season). If weekly monitoring is not possible, it is recommended to visit transects every ten or fifteen days. If monitoring cannot be carried out during the entire flight period, summer should be at least covered as butterfly abundance is at its maximum. Butterfly observation can be recorded on field directly through the ButterflyCount app for Apple devices (iPhone, iPad) or on a field sheet and entered in the eBMS website. The app

has been launched by Butterfly Conservation Europe and the UK Centre for Ecology & Hydrology as part of the ABLE project, it offers many features to users. A new method for butterfly monitoring: the 15-minute count is also available as integration of the data collected along fixed transects. This option is equipped with a timer and GPS tracking system that automatically records the route during the monitoring period. Furthermore, the eBMS also contributes to assessing the conservation status of other insect groups. In the updated version of the ButterflyCount app, it is also possible to select from moths, bumblebees, and dragonflies.

THE ITALIAN NETWORK

The Italian Butterfly Monitoring Scheme (ITBMS) is coordinated by Simona Bonelli (DBIOS-University of Turin), Leonardo Dapporto (Zenlab-University of Florence), and Stefano Scalercio (CREA) and is supported by the Italian Lepidopterological Association (ALI - www.lepidoptera.life). The Italian Butterfly Monitoring Scheme currently has 173 volunteers belonging from NGOs, Universities, Natural Parks, farmlands, municipalities, Botanic gardens, Zoos, Museums. By now more than 200 transects across the country, with numbers increasing daily. 165 species are already monitored at least once by the transect network of which 6 protected species (*Parnassius apollo*, *Parnassius mnemosynae*, *Lycaena dispar*, *Zerynthia cassandra*, *Z. polixena* and *Phengaris arion*). These data have been already integrated in the V reporting of the art. 17 Habitats Directive.

In the last five years coordinators invested a lot of effort in promoting the project and build up the network. 15 national workshops to engage and train volunteers where organized and produced 5 dedicated field guides particularly appreciated by volunteers.

As feedback to policy makers, coordinators regularly publish annual report of activities both in Italian and in English. All materials are available for free download on the website, which also includes instructions for joining the network, monitoring manuals, video tutorials for uploading data to the portal, and species identification keys.

GRASSLAND BUTTERFLY INDICATOR

The EU Grassland Butterfly Indicator (GBI) is the trend of the combined index calculated for the 17-grassland species across the 27 EU Member States. We then aggregate these annual multi-scheme index for the 17 grassland butterfly species by computing the geometric mean across all species, assigning equal weight to each species, and setting the first year to 100. The resulting time series of the annual multi-species geometric mean (grassland butterfly index) is then used to calculate the trend and the annual indices for the EU Grassland Butterfly Indicator. Butterfly Monitoring Schemes are present in an increasing number of countries and new ones are being established in many regions, although long-term data are currently available for only a limited number of

countries. The EU Grassland Butterfly Indicator (GBI) uses data up to and including the 2024 field season from all 27 Member States of the European Union. Since 2023, it has been possible to calculate the Grassland Butterfly Indicator for Italy. This indicator tracks the population trends of butterflies typical of grassland habitats. At the European level, the Grassland Butterfly Indicator is based on 17 species and reflects population changes either across Europe as a whole or within the 27 EU Member States. Trends for each species are calculated using a weighted combination of all available data, with 1990 as the baseline year, and data collected through the European Butterfly Monitoring Scheme (eBMS). The indicator is important for assessing the health of butterfly populations and guiding conservation policies for both butterflies and their habitats. Across Europe, the Grassland Butterfly Indicator has declined by 36% since 1990, and by 32% within the EU27 over the same period. The 17 species used for the European indicator include seven generalists *Ochlodes sylvanus*, *Anthocharis cardamines*, *Lycaena phlaeas*, *Polyommatus icarus*, *Lasiommata megera*, *Coenonympha pamphilus*, and *Maniola jurtina*; and ten specialists including *Erynnis tages*, *Thymelicus acteon*, *Spialia sertorius*, *Cupido minimus*, *Phengaris arion*, *Phengaris nausithous*, *Polyommatus bellargus*, *Cyaniris semiargus*, *Polyommatus coridon*, and *Euphydryas aurinia* (VAN SWAAY *et al.*, 2026). EU Grassland Butterfly Indicator is now one of the tree indicators listed in art. 11 of the European Restoration Regulation (NRR).

Butterflies are continuously declining (WARREN *et al.*, 2021) and the number of species that are threatened of extinction is increasing according to the last Red List (VAN SWAAY *et al.*, 2025).

REFERENCES

- BALLETTO E., DAPPORTO L., BONELLI S., 2021 - *Insecta Lepidoptera Papilionoidea, Hesperioidea* - In: Bologna M.A., Zapparoli M., Oliverio M., Minelli A., Bonato L., Cianferoni F., Stoch F. (eds.), Checklist of the Italian Fauna. Version 1.0. Last update: 2021-05-31. Available at: <https://www.lifewatchitaly.eu/en/initiatives/checklist-fauna-italia-en/checklist/>
- POLLARD E., YATES T.J., 1993 - *Monitoring butterflies for ecology and conservation: the British butterfly monitoring scheme* - Springer Science & Business Media.
- WARREN M.S., MAES D., VAN SWAAY C.A., GOFFART P., VAN DYCK H., BOURN N.A., ... ELLIS S., 2021 - *The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions*. - Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(2).
- VAN SWAAY C., WARREN, ELLIS S., CLAY J., BELLOTTO V., ALLEN D.J., TROTTET A., 2025 - *Measuring the pulse of European biodiversity*. European Red List of Butterflies. Brussels, Belgium: European Commission.
- VAN SWAAY C.A.M., SCHMUCKI R., BONELLI S., BOURN N., COLLINS S., ELLIS S., ESKILDSEN A., FOX R., KARACETIN E., KOLEV Z., MAES D., MUNGUIRA M., PETTERSSON L., ROY D., ŠAŠIĆ M., SETTELE J., SEVILLEJA C., STEFANESCU C., TIITSAAR A., VEROVNIK R., Vliegenthart A., WHITFIELD A., WIEMERS M., WYNHOFF I., WARREN M.S., 2026 - *Grassland Butterfly Index - Bending the curve*. Butterfly Conservation Europe & EMBRACE/eBMS (www.butterfly-monitoring.net) & Vlinderstichting report VS2026.003.

INTEGRATING CITIZEN SCIENCE OCCURRENCE DATA TO ASSESS BUTTERFLY POPULATION PERSISTENCE: APPLICATION OF THE PETS INDEX IN MEDITERRANEAN AREAS

LEONARDO DAPPORTO

Dipartimento di Biologia Università di Firenze;
Corresponding Author: leonardo.dapporto@unifi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Engaging citizens for insect research: potential and pitfalls”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 21 febbraio 2025.

Assessing local extinctions and population trends in insects is often hindered by the lack of standardized long-term monitoring schemes, especially in Mediterranean regions. In such contexts, time series of occurrence data derived from heterogeneous sources represent a valuable alternative, although they are typically incomplete, unevenly distributed in time, and affected by sampling bias. Here, we present a synthetic framework based on the integration of literature data, field sampling, and citizen science records, and we discuss the application of the Potential Extinction upon Time Series (PETS) index. This index provides a quantitative estimate of the likelihood of past extinction events based on the temporal distribution of species records. Using butterfly communities as a model system, we highlight the importance of integrating multiple data sources, describe the PETS index and its rationale, and illustrate its application through Mediterranean case studies. Our results demonstrate that integrating heterogeneous datasets, with particular reference to citizen science data, substantially reduces the apparent rate of local extinctions and provides a more reliable and realistic picture of community persistence and dynamics.

KEY WORDS: Butterflies; occurrence data; extinction; PETS index; citizen science; Mediterranean biodiversity

INTRODUCTION

Understanding extinction processes is a central goal of modern biodiversity research. At global scales, extinction rates are commonly estimated by comparing the number of species lost over a given time interval relative to the total number of years in which species have been observed, providing a discrete measure of biodiversity erosion (PIMM *et al.*, 2014). This approach relies on binary information, where species are considered either present or extinct within a defined temporal window. However, such a framework becomes difficult to apply at local scales, especially for taxa characterized by incomplete knowledge and irregular sampling, such as most insect groups.

At regional and local scales, extinction is rarely observed as a sudden event. Instead, it is typically preceded by a gradual decline in population size and detectability, leading to increasing temporal gaps between successive observations. In this context, the absence of recent records does not necessarily imply extinction, but may reflect insufficient sampling effort, observer bias, or low detectability of species. This issue is particularly relevant in Mediterranean biodiversity hotspots, where long-term standardized monitoring schemes are often lacking and historical data are fragmentary.

To overcome these limitations, it is necessary to

move from a discrete view of extinction toward a more continuous representation of species persistence through time. The Potential Extinction upon Time Series (PETS) index was developed within this conceptual framework as a continuous analogue of classical extinction rate metrics (LABADESSA *et al.*, 2021). Instead of relying on a binary classification of species as extinct or extant, PETS quantifies the fraction of time elapsed since the last observation relative to the total temporal span since the first record. In this way, extinction is not treated as an abrupt event, but as a probabilistic process reflected by increasing absence periods in species time series.

The application of this approach requires the integration of heterogeneous occurrence data, which represent the only available source of temporal information in many regions. Biodiversity data are typically derived from multiple sources, including faunistic literature, museum collections, targeted field sampling, and, more recently, citizen science platforms. Each of these sources has specific strengths and limitations: literature provides historical depth but is often sparse and uneven; field sampling ensures accuracy but is temporally limited; citizen science offers large quantities of recent data but may be affected by spatial and taxonomic biases.

In this context, the present contribution aims to summarize the main results obtained so far through the

application of the PETS framework to butterfly communities in Mediterranean and temperate regions. By comparing multiple case studies characterized by different sampling intensity, spatial scale, and data availability, we highlight how the integration of heterogeneous datasets influences the perception of extinction risk and allows distinguishing between true faunistic erosion and artefacts driven by incomplete observations.

In the following section, four cases studies applying the PETS algorithm are summarised to show the potential of this index to easily integrate data from different sources and to expose incompleteness of time series in the final aim to identify signal for local extinctions and functional correlates.

CASE STUDIES

ALTA MURGIA NATIONAL PARK

The Alta Murgia National Park represents a paradigmatic example of how the integration of heterogeneous data sources can strongly affect the interpretation of extinction patterns. In this area, butterfly occurrence data were reconstructed by combining historical literature records, unpublished observations, and a large amount of recent data derived from both targeted sampling and citizen science platforms. This approach allowed the compilation of a long-term time series spanning several decades for more than 80 species (LABADESSA *et al.*, 2021).

The application of the PETS index to this dataset revealed a relatively low overall extinction signal at the community level. A large proportion of species historically recorded in the area were confirmed in recent years, and the fraction of the time series characterized by absence periods was limited. In particular, the majority of species were observed within the last decade, indicating a high degree of persistence of the butterfly community.

Importantly, several species that appeared to be missing when considering only historical data were subsequently confirmed through recent observations, especially thanks to the contribution of citizen science. This result highlights a key aspect of PETS interpretation: in poorly sampled systems, the absence of records is often driven by data deficiency rather than real extinction. Nevertheless, a small subset of species showed longer absence periods and contributed disproportionately to the overall PETS value, often corresponding to taxa with specific ecological requirements or limited regional distribution.

MONTE PEGLIA RESERVE

The Monte Peglia UNESCO Biosphere Reserve provides a contrasting case study, characterized by higher sampling intensity and a more structured monitoring design. In this system, occurrence data were collected through intensive field surveys (about 80 transects repeated twice a month from April to November), combined with historical literature and citizen science records (BRUSCHINI *et al.*, 2023).

The application of the PETS index revealed a higher proportion of species not confirmed in recent surveys compared to the Alta Murgia case, suggesting a moderate level of faunistic erosion. However, this result must be interpreted in light of the increased sampling effort: intensive surveys improve detection probability, and therefore the absence of records becomes a more reliable indicator of real population decline. On this area, characterised by a low mountain systems (<1000 m) the effect of climatic changes could have actually produced a significant erosion of a fraction of mesophylous species (BRUSCHINI *et al.*, 2023). Indeed, many of the species not confirmed in recent years were associated with specific ecological conditions, such as higher altitude habitats or particular vegetation types, suggesting that environmental changes may have selectively affected certain ecological groups.

AOSTA VALLEY

The alpine system of the Aosta Valley represents a further case study, characterized by a long temporal span of occurrence data and a strong environmental gradient. In this region, butterfly records were collected over more than a century from a combination of literature, collections, structured sampling, and citizen science (ALBERTI *et al.*, 2025).

The application of the PETS framework revealed a generally low extinction signal at the regional scale, with most species being confirmed in recent years. However, a small group of species not recorded in recent decades contributes disproportionately to the extinction signal.

These species tend to share specific ecological traits, such as restricted altitudinal ranges, specialized habitat requirements, or low detectability. This suggests that even when the overall extinction signal is low, the loss or decline of a limited number of species may reflect significant ecological changes.

ROLE OF CITIZEN SCIENCE (ITALIAN NATIONAL PARKS)

Large-scale analyses conducted across Italian National Parks have shown that the inclusion of citizen science data significantly reduces PETS values (VAN TONGEREN *et al.*, 2023). When extinction probability is estimated using literature data alone, many parks show high PETS values, often indicating that a substantial fraction of species has not been recorded for long periods. In several cases, more than half of the time series appears to be characterized by absence periods, suggesting widespread potential local extinctions.

However, the integration of citizen science data produces a consistent and marked decrease in PETS values across parks. On average, the inclusion of iNaturalist records reduces the estimated extinction signal by a substantial margin, in some cases shifting parks from high to moderate or low extinction probability. This reduction reflects the confirmation of many species in recent years, effectively filling the temporal gaps that

inflated PETS values when only historical data were considered.

The magnitude of this effect varies among parks and is strongly related to the intensity of recent citizen science activity. Parks that have been historically well studied but poorly sampled in recent decades show the largest decrease in PETS, as many species are rediscovered through recent observations. Conversely, in parks with already high recent sampling effort, the contribution of citizen science is still relevant but more limited, as most species had already been recently confirmed.

An important aspect emerging from these analyses concerns the role of species detectability and observer behaviour. The probability that a species is recorded is not uniform, but depends on intrinsic traits such as body size, phenology, and distribution, which influence its visibility and ease of identification. In this context, citizen science data are shaped by user preferences and experience. Less experienced or less active users tend to record more conspicuous and widespread species, while rarer or less detectable taxa remain underrepresented.

Conversely, users characterized by a higher level of commitment, measured as the number of observations contributed, show a greater ability to detect a broader fraction of community diversity. These more engaged observers are less biased toward large or conspicuous species and are more likely to document rare or less detectable taxa. As a result, their contributions have a disproportionately strong effect in reducing PETS values, because they are more effective in confirming species that would otherwise remain unrecorded.

These results demonstrate that a large fraction of the apparent extinction signal is driven by gaps in recent observations rather than true population loss. In other words, PETS values derived from incomplete datasets tend to overestimate extinction probability, and this bias can be substantially reduced by incorporating continuously updated data sources such as citizen science.

At the same time, the analyses also reveal that not all species are equally affected by this data-driven effect. While many taxa are rapidly “recovered” once recent observations are included, a smaller subset of species consistently shows long absence periods even after integrating all available data sources. These species are likely to represent functionally distinct groups, often characterized by specific ecological requirements, limited distributions, or lower detectability. As such, they may be genuinely more sensitive to environmental changes induced by human activities, including habitat loss, land-use intensification, and climate change.

Taken together, these findings highlight a dual role of citizen science in extinction assessment: on one hand, it reduces uncertainty by improving temporal completeness of occurrence data; on the other, it helps to isolate the subset of species for which the signal of decline or disappearance is more robust and less dependent on sampling artefacts.

CONCLUSIONS

The application of the PETS framework to butterfly communities highlights several important methodological and ecological aspects relevant for the assessment of local extinction processes.

First, the PETS approach demonstrates that extended and informative time series can be reconstructed starting from a minimal set of data, namely the occurrence of a species within a defined area and the year of observation. This minimal requirement, which does not depend on standardized sampling protocols or abundance estimates, allows the inclusion of a wide range of data sources and greatly expands the temporal depth of biodiversity analyses.

Second, this basic information is commonly shared across different types of datasets, including historical literature, museum collections, targeted field sampling, and citizen science observations. As a consequence, heterogeneous data sources can be effectively integrated into a unified analytical framework, overcoming one of the main limitations of traditional approaches based on strictly standardized monitoring schemes.

Third, the inclusion of citizen science data emerges as a particularly powerful component in this context. The continuous growth of observations provided by platforms such as iNaturalist, combined with their near real-time availability, substantially increases the number of recent records in time series. This leads to a marked reduction in the perceived probability of local extinction, as many species previously considered unconfirmed are instead documented by recent observations.

Overall, these results indicate that a large fraction of the extinction signal inferred from occurrence data is strongly influenced by data availability and temporal completeness. By integrating multiple sources and adopting a continuous perspective on species persistence, the PETS framework provides a robust tool to disentangle true extinction processes from artefacts driven by incomplete sampling.

REFERENCES

- ALBERTI S., POLLO A., CERRATO C., VITERBI R., BALLETO E., DAPPORTO L., BONELLI S., PICCINI I., 2025 – *Unrecorded butterfly species and potential local extinctions: the role of citizen science and sampling*. - Ecology and Evolution, 15: e71023.
- BRUSCHINI C., DAPPORTO L., PASQUALI L., BENETELLO F., BALLETO E., PAOLA F., SIMBULA G., 2023 – *Intensive monitoring of the butterflies of the UNESCO MAB reserve of Monte Peglia reveals strong potential for local extinctions in a Mediterranean area*. - J. Insect Biodiversity, 40: 1–11.
- LABADESSA R., CAGNETTA G., DESAPHY J.F., BONIFACINO M., DODARO G., FESTA D., MONTERASTELLI E., PAPA V.E., ZOLLO L., BALLETO E., DAPPORTO L., 2021 – *Using occurrence data to evaluate extinc-*

tion reveals a strong resilience of butterflies in a National Park of Southern Europe (Alta Murgia National Park). - J. Insect Biodiversity, 28: 1–12.
PIMM S.L., JENKINS C.N., ABELL R., BROOKS T.M., GITTLEMAN J.L., JOPPA L.N., RAVEN P.H., ROBERTS C.M., SEXTON J.O., 2014 – *The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection.* - Science, 344: 1246752.

VAN TONGEREN E., SISTRI G., BONIFACINO M., MENCHETTI M., PASQUALI L., SALVATI V., BALLETO E., BONELLI S., CINI A., PORTERA M., DAPPORTO L., 2023 – *Unstructured citizen science reduces the perception of butterfly local extinctions: the interplay between species traits and user effort.* - Biodiversity and Conservation, 32: 4701–4718.

FROM PRACTICE TO THEORY: ANTS AND STAG BEETLES AS MODELS FOR PARTICIPATORY SCIENCE

CRISTINA CASTRACANI

Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability, University of Parma, Parco Area delle Scienze 11/A, 43124 Parma, Italy

Corresponding Author: cristina.castracani@unipr.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Engaging citizens for insect research: potential and pitfalls”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 21 febbraio 2025.

Citizen science is increasingly recognized as a valuable approach in entomological research because it enables the collection of large datasets while also promoting public awareness of insect diversity and conservation. However, participatory research also presents important challenges, including data quality, sampling bias, volunteer recruitment, and long-term engagement. This contribution draws on two case studies coordinated by the University of Parma: the School of Ants Project (SoA) and the Behavioural Observation on Beetles Project (BOB) on the stag beetle *Lucanus cervus*. The SoA Project shows how standardized protocols, data validation, and collaborations with institutions such as the Museo delle Scienze di Trento (MUSE) can improve the scientific value and geographic reach of volunteer-generated data. The BOB Project demonstrates that citizen science records can also be reused for behavioural analyses, providing information on seasonal trends, substrate preferences, and behavioural patterns. Together, these two experiences illustrate both the strengths and the limitations of participatory science in entomology and highlight the importance of rigorous protocols, effective communication, and digital tools.

KEY WORDS: citizen science; data quality; participatory monitoring; Formicidae; *Lucanus cervus*

INTRODUCTION

Citizen science, broadly defined as the active involvement of non-professionals in scientific research, has experienced remarkable growth over the last two decades. By engaging volunteers, researchers can access large quantities of information collected over extensive geographic areas and long periods of time. At the same time, citizen science offers educational and social benefits. Participants can increase their knowledge of biodiversity, develop a stronger connection with nature, and become more aware of ecological issues affecting insect populations. Schools, local associations, nature parks, and amateur naturalists can all contribute to the generation of scientific knowledge while also benefiting from the experience (ECSA, 2015; HAKLAY *et al.*, 2020). Despite these advantages, participatory approaches also involve important limitations. Data quality may vary depending on the expertise of volunteers, sampling effort is often geographically biased, and long-term participation may be difficult to maintain. Consequently, successful citizen science projects require careful planning, standardized methods, and effective communication strategies. This contribution discusses the main opportunities and pitfalls of citizen science in insect research, with particular reference to experiences developed in Italy through projects focused on ants and stag beetles. During the round table,

I presented two case studies in which I have been directly involved as researcher and coordinator: the School of Ants Project (SoA) and the Behavioural Observation on Beetles Project (BOB). Both projects are coordinated by the University of Parma and provide concrete examples of both the strengths and the limitations of citizen science in insect research.

THE SCHOOL OF ANTS PROJECT

The SoA Project originated as a participatory initiative designed to involve students and teachers in the study of ant diversity. Inspired by similar international experiences, the project aimed to combine scientific research with educational activities, encouraging students to collect ant samples according to a simple and standardized protocol.

The pilot phase of the project, conducted between 2012 and 2014 in the Parma area, involved five schools, seven teachers, ten classes, and 337 students. Sampling activities lasted approximately nine months and allowed us to test the feasibility of involving schools in the collection of reliable entomological data. One of the main challenges encountered during the pilot phase concerned data quality. Volunteers often lack specific taxonomic expertise and may make mistakes in species identification, in the recording of geographical coordinates, or in the

compilation of field forms. For this reason, the project relied on a simple but standardized protocol. Participants received detailed instructions and a sampling kit including simple tools such as vials, biscuits, and a data collection form. The protocol specified where and when samples had to be collected, how long sampling should last, and how specimens and metadata should be stored and recorded. In addition, all data underwent a validation process that included the digitization and standardization of collection forms, specimen identification by researchers, and the development of a curated database. These procedures significantly improved the reliability of the collected information and demonstrated that, when properly guided, students can contribute valuable scientific data (LUCKY *et al.*, 2014).

Following the success of the pilot phase, the SoA Project expanded from a local initiative to a national programme. Since 2016, the project has involved approximately 3,800 students and 91 teachers across 44 provinces and 14 Italian regions. However, this broader participation also revealed the existence of a marked geographical bias. Most of the sampling effort was concentrated in areas where researchers had direct contacts with teachers or where dissemination activities were more intense. Recruitment initially relied heavily on word of mouth, local networks, and teacher mailing lists. A key role in the national scaling up of the project was played by the Museo delle Scienze di Trento (MUSE), whose educational networks and mailing lists allowed us to disseminate the initiative across the country and involve schools from different Italian regions.

This experience highlighted the importance of recruitment strategies in citizen science. To ensure more balanced geographic coverage, it is necessary to diversify communication channels, involve schools from underrepresented regions, and establish partnerships with institutions such as museums, protected areas, and local authorities. An example of this approach was the “Bio-blink Lombardia 2018” initiative, organized in collaboration with 12 parks in the Lombardy region. During two sampling days in May 2018, more than 200 volunteers used 71 kits and collected 30 ant species. This initiative not only increased the quantity of available data, but also demonstrated the effectiveness of collaborative events in attracting participants and raising public awareness (CASTRACANI *et al.*, 2020).

Overall, the national School of Ants Project has so far recorded 20 ant genera, with particularly high diversity in genera *Lasius*, *Temnothorax*, and *Formica*. Importantly, the data collected through the project are now available in open access through the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), increasing their visibility and allowing their reuse for further ecological and biogeographical studies. Among the most abundant taxa, the *Tetramorium caespitum* complex represented more than 60% of all collected specimens, followed by *Monomorium monomorium*, *Pheidole pallidula*, *Messor structor* complex, and *Crematogaster scutellaris* (BISANTI *et al.*, 2026; CASTRACANI *et al.*, 2026).

THE BEHAVIOURAL OBSERVATION ON BEETLES PROJECT

A second case study presented during the round table concerned the stag beetle, *Lucanus cervus*. This work, developed within the project “Behavioural Observation on Beetles” (BOB), builds on photographs collected within InNat, a long-term Italian citizen science initiative originally developed to monitor protected insect species and their distribution. In our contribution, the point was not to present a new monitoring project on *L. cervus* itself, but rather to show how an existing citizen science dataset can be reused for a secondary aim, namely the study of behaviour.

The study analysed 2,090 photographic records of *L. cervus* collected by 418 volunteers in Italy. After a filtering process excluding images showing only body parts, dead individuals, or specimens manipulated by observers, 821 records were considered eligible for ethological analyses. Most valid photographs portrayed single individuals, with males more than twice as frequent as females, while among two-specimen records the most common pair was male–female. The analyses showed that citizen science images can provide useful behavioural information when they are carefully validated and reinterpreted. For single individuals, the most frequently observed behaviour was standing/walking in both sexes, whereas for pairs the most common category was reproductive behaviour. Seasonal and substrate-related patterns also emerged: single individuals were recorded mainly in July, couples especially in June, males were associated more often with natural wood, and females more often with bare ground and stone. At the same time, the study also highlighted important limitations, above all the lack of detailed environmental context in many volunteer records, which restricted behavioural interpretation (GISONDI *et al.*, 2025).

These results are especially relevant to the broader discussion on citizen science because they show that participatory datasets may have a value extending well beyond species occurrence records. However, they also indicate that this potential can only be fully realized if projects incorporate clearer protocols on observation, non-disturbance, contextual description, and standardized data entry. In this sense, the *L. cervus* case study was used during the round table as an example of both the promise and the methodological pitfalls of citizen science in insect research.

MAIN PITFALLS OF CITIZEN SCIENCE IN ENTOMOLOGY

Although citizen science offers many opportunities, its limitations should not be underestimated. First, data quality remains a central issue. Even when protocols are standardized, participants may produce incomplete or inaccurate records. Continuous training, clear instructions, and validation procedures are therefore essential. Second, geographic and social biases may strongly affect the representativeness of datasets. Volunteers are often concentrated in urban areas, near research institutions,

or in places with greater access to educational opportunities. As a result, some regions or habitats remain under-sampled. Third, maintaining long-term participation can be difficult. Many volunteers initially join projects enthusiastically, but their engagement may decrease over time. Citizen science initiatives therefore need to provide feedback, acknowledge participants' contributions, and create a sense of community. Finally, ethical and organizational aspects should also be considered. Researchers must ensure that volunteers clearly understand the objectives of the project, the use of collected data, and the importance of following protocols accurately.

FUTURE PERSPECTIVES

The future of citizen science in insect research will likely depend on the integration of traditional sampling approaches with digital technologies. Mobile applications, online platforms, and automated validation tools may improve both the quantity and quality of collected data. In the case of *L. cervus*, the development of a dedicated web application may facilitate data submission, improve record standardization, and allow volunteers to receive immediate feedback. Similarly, digital tools can help reduce identification errors by providing visual guides, automatic georeferencing, and real-time quality checks. More broadly, future citizen science projects should aim not only to collect data, but also to promote environmental education, scientific literacy, and public engagement with insect conservation.

CONCLUSIONS

Citizen science represents a powerful tool for entomological research, capable of generating large datasets while also strengthening the relationship between science and society. Experiences developed through the SoA and BOB Projects show that volunteers can contribute meaningfully to insect research when they are provided with standardized protocols, adequate training, and appropriate feedback. At the same time, the scientific value of citizen science depends on researchers' ability to recognize and address its limitations, including data quality issues, sampling biases, and uneven participant engagement. By combining rigorous scientific methods with effective communication and digital innovation, citizen science can continue to play a central role in the study and conservation of insects.

REFERENCES

BISANTI M., SPOTTI F.A., GIL-TAPETADO D., SCHIFANI E., ZUCHELLI M.V., GRASSO D.A., MORI A., POLIDORI C., CASTRACANI C., 2026 – *Urban ants of Italy from a long-term community science-based dataset for biodiversity research*. – Scientific Data. Accepted.

CASTRACANI C., SPOTTI F. A., BISANTI M., 2026 – *Myrmecological collection from Italian Citizen Science Project "School of Ants"*. – Version 1.1. Council

for Agricultural Research and Economics, Research Centre for Plant Protection and Certification. Occurrence dataset. <https://doi.org/10.15468/7fa76t> accessed via GBIF.org on 2026-04-15.

CASTRACANI C., SPOTTI F. A., SCHIFANI E., GIANNETTI D., GHIZZONI M., GRASSO D. A., MORI A., 2020 – *Public Engagement Provides First Insights on Po Plain Ant Communities and Reveals the Ubiquity of the Cryptic Species Tetramorium immigrans (Hymenoptera, Formicidae)*. – Insects, 11(10), 678. <https://doi.org/10.3390/insects11100678>

ECISA (EUROPEAN CITIZEN SCIENCE ASSOCIATION), 2015 – *Ten Principles of Citizen Science*. – Zenodo. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>

GISONDI S., SPOTTI F.A., LENZI A., GRASSO D.A., CAMPANARO C., CASTRACANI C., 2025 – *Recycle and reuse: an ethological perspective for citizen science data on Lucanus cervus (Coleoptera: Lucanidae)*. – Journal of Insect Science, 25 (6), ieaf099, <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaf099>

HAKLAY M., MOTION A., BALÁZS B., KIESLINGER B., GRESHAKE TZOVARAS B., NOLD C., DÖRLER D., FRAISL D., RIEMENSCHNEIDER D., HEIGL F., BROUNÉUS F., HAGER G., HEUER K., WAGENKNECHT K., VOHLAND K., SHANLEY L., DEVEAUX L., CECCARONI L., WEISSPFLUG M., ... WEHN U., 2020 - *ECISA's Characteristics of Citizen Science*. – Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3758668>

LUCKY A., SAVAGE A. M., NICHOLS L. M., CASTRACANI C., SHELL L., GRASSO D. A., MORI A., DUNN R. R., 2014 – *Ecologists, educators, and writers collaborate with the public to assess backyard diversity in The School of Ants Project*. – Ecosphere 5(7):78. <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00364.1>

EARLY WARNING OF THE ALIEN HORNET *VESPA VELUTINA* LEPELETIER, 1836 IN ITALY: EXPLORING THE POWER AND LIMITATIONS OF CITIZEN SCIENCE

ALESSANDRO CINI

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, 56126, Pisa
alessandro.cini@unipi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Engaging citizens for insect research: potential and pitfalls”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 21 febbraio 2025.

Invasive alien species are a major driver of global biodiversity loss, altering ecological interactions and reducing ecosystem services. Alien invasive insects are particularly impactful due to their high reproductive rates and ease of dispersal. Effective management relies on early detection and rapid response, yet large-scale monitoring by professionals alone is often logistically and economically unfeasible. Citizen science offers a promising complementary approach by increasing observational coverage across space and time. In this talk I report a preliminary evaluation of the Italian citizen science project *StopVelutina*, launched in 2015 to detect and monitor the invasive hornet *Vespa velutina*. The project was assessed over its first four years using four key criteria: spatial coverage, temporal coverage, temporal continuity, and data reliability. Reports were received from all Italian regions, indicating extensive spatial coverage, although higher reporting rates were associated with already invaded and densely populated areas. Temporal coverage spanned the entire year, with peaks in summer, demonstrating sustained citizen alertness throughout the species’ activity period. Participation remained stable over time, suggesting strong temporal continuity. Although the rate of incorrect reports was relatively high, data reliability improved over time, highlighting the importance of targeted communication and training. Overall, *StopVelutina* demonstrates that low-cost, long-term citizen science initiatives can effectively support IAS early warning systems, providing a scalable model for coordinated European monitoring efforts.

KEY WORDS: biological invasions, invasive alien species, Vespidae, honeybees

SYNTHESIS OF THE LECTURE

Invasive alien species are one of the leading causes of global biodiversity loss (PEJCHAR *et al.*, 2010; PYŠEK *et al.*, 2020, BACHER *et al.*, 2023). Through direct and/or indirect competition, they contribute to species extinction as well as to the loss or alteration of ecosystem interactions, with the consequent reduction of ecosystem services representing one of the first tangible and concerning impacts (PEREZ *et al.*, 2022). The impacts of invasive alien species (IAS) are widely recognized, and insects play a predominant role in this process, given their extraordinary species richness, small body size, high reproductive rates, and other biological traits that facilitate their transport worldwide and subsequent introduction (HILL *et al.*, 2016; BERTELSMEIER *et al.*, 2025; FORTUNA *et al.*, 2022).

A crucial step in reducing the impact of biological invasions is to understand when and where they occur, namely, to promptly detect new incursions and monitor their spread in order to implement timely and effective control measures. Therefore, there is an urgent need for large-scale, long-term, sustainable, and reliable early-warning and monitoring protocols to rapidly detect the arrival of IAS (REASER *et al.*, 2020; NOAR *et al.*, 2021).

Unfortunately, early warning and rapid response protocols based solely on the efforts of researchers and professionals are seldom feasible from a logistical and economic perspective, as they require substantial resources even for a single species, particularly when monitoring must be conducted over very large territories, often at the national scale. As a consequence, invasive species often remain undetected for years after their arrival (GELLER *et al.*, 1997), when eradication is no longer feasible or becomes extremely difficult (BAX *et al.*, 2003; SIMBERLOFF *et al.*, 2013). The involvement of citizens in early warning–citizen science (EW-CS) projects represents a potential solution to this challenge and can help supplement limited resources (POCOCK *et al.*, 2024; GONZÁLEZ-MORENO *et al.*, 2025). Citizen science can be defined as the intentional involvement of members of the public in scientific research, with participants potentially contributing to any stage of the scientific process, from research design to data collection and analysis (SHIRK *et al.*, 2012). Citizen science approaches have provided substantial benefits in the detection of invasive species (POCOCK *et al.*, 2024). Among the various possible forms of public engagement, the most immediate contribution to early detection and rapid response systems lies in increasing the number of observers distributed across the territory.

Implementing a successful EW-CS project, however, is far from straightforward. Several key aspects influence its effectiveness. First, the spatial and temporal coverage of citizen participation are critical, that is, the extent of territory effectively “covered” by citizen observers (spatial coverage) and whether participation spans the full phenology of the species (temporal coverage), thus allowing detection at any stage of its life cycle. Second, citizen participation should be sustained over time and not be limited to the initial launch period. This is particularly relevant for invasive species, as public attention is often initially raised by media coverage but may decline as media interest shifts elsewhere. Finally, a longstanding issue in citizen science concerns data quality and reliability. The costs associated with project implementation (organization, dissemination, communication) and data validation should remain lower than the benefits derived from the increased likelihood of detecting the target species. In the context of alien species detection, a single confirmed report of a new occurrence in an unexpected location may outweigh numerous false reports. However, this trade-off strongly depends on several factors, among which the rate of false reports is particularly critical. Data reliability should therefore be continuously assessed and, where possible, maximized.

In this talk, I report the effectiveness of the Italian EW-CS project StopVelutina (<https://www.stopvelutina.it/>), implemented in 2015 in order to establish an early warning system for the detection and monitoring of the invasive hornet *Vespa velutina* Lepeletier, 1836. Specifically, I evaluate the project according to four main criteria: spatial coverage, temporal coverage, temporal continuity, and data reliability, with the aim of highlighting both its strengths and its limitations as a relatively simple, low-cost, long-term initiative.

Vespa velutina (hereafter Vv) is an invasive hornet species (Hymenoptera, Vespidae) native to Southeast Asia (MONCEAU *et al.*, 2014). Its presence in Europe was first recorded in southern France in 2004 (HAXAIRE *et al.*, 2006). Since then, the species has rapidly spread across much of Europe (ROME *et al.*, 2009; VILLEMANT *et al.*, 2006; VILLEMANT *et al.*, 2011a; ROBINET *et al.*, 2016), achieving a broad distribution. Although several European countries are not yet invaded, many remain at high risk. Notably, the species has demonstrated the ability to establish new populations far from the main invasion front, including on islands and in distant regions. Vv has significant ecological, economic, and public health impacts and has therefore been included among the invasive alien species of Union concern (Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141). It is a voracious predator of insects, particularly pollinators, and a specialized predator of honeybees (TAN *et al.*, 2007; MONCEAU *et al.*, 2014). Moreover, due to niche overlap, it may threaten the native European hornet *Vespa crabro*, which is protected in some European countries (e.g., Germany) (CINI *et al.*, 2018).

The StopVelutina project started in 2015 with the aim of monitoring the spread of Vv throughout Italy by en-

gaging citizens nationwide, with particular emphasis on detecting new colonization events beyond the two most heavily invaded regions (Liguria and Piemonte), where professional monitoring systems were already in place (LIFE project). In this talk I report the results of the assessment of the extent to which the project met the four aforementioned criteria during its first four years.

SPATIAL COVERAGE

An EW-CS project is meaningful only if implemented over a wide territory. If the monitored area is limited or restricted to regions where the species is already expected, professional monitoring may be more effective. Large spatial coverage is therefore a key prerequisite for success, especially in cases of human-mediated dispersal, where new points of occurrence may arise unpredictably. This is particularly relevant for Vv, which, although expanding mainly along invasion fronts, has also exhibited long-distance dispersal events. Our results show that reports arrived from all Italian regions and most of the Italian provinces, thus suggesting that the project reached the entire country. Most reports occurred in regions with Vv presence and/or those regions with greater number of inhabitants.

TEMPORAL COVERAGE

An effective early warning system must enable rapid intervention. In the case of Vv, nest destruction must occur before the production of reproductive individuals. After males and females leave the nest and mate, locating mated queens becomes extremely difficult, and spring trapping of foundresses is not considered an effective management strategy. Colonies must therefore be destroyed before the production of reproductives, typically between nest foundation and late summer. However, nests are often concealed in vegetation and detected only after leaf fall in autumn or winter, when intervention is no longer necessary as nests are not reused. Consequently, citizen alertness must be maintained throughout the entire active period of the species (approximately March–November; MONCEAU *et al.*, 2014). Our results show that the temporal coverage expand to the whole year, with most reports occurring in July–August. This confirms that citizen alertness is maintained across all seasons.

TEMPORAL CONTINUITY

For long-term sustainability, participation should not decline after the initial phase of interest but should remain stable or increase over time. I assessed this by comparing the number of participants and reports across the first 3–4 years of the project. The results show that, contrary to what often happens with invasive alien species, the number of reports did not decrease over time, suggesting a good adherence to the project.

DATA RELIABILITY

I quantified the rate of incorrect reports (i.e., reports of Vv that were not confirmed as Vv) and evaluated whether this rate changed over time. While the overall rate of incorrect reports was rather high, we highlighted an improvement in the ration of correct reports over time. The identification of the most common sources of misidentification will allow to improve communication and outreach strategies.

In conclusion, the information gathered are instrumental in improving the project in the coming years and in providing an evidence-based foundation for the adoption of similar initiatives in other countries currently invaded or at risk. Ultimately, the goal is to contribute to the development of a harmonized, integrated, cost-effective, and long-term sustainable European-wide early warning system for this species of high concern, for which the analysis of existing national EW-CS projects represents a crucial step.

ACKNOWLEDGMENTS

This talk stems from the collaborative work of the group Stopvelutina, to which I am greatly indebted for the fruitful discussion and for the possibility to use the data for this talk (www.stopvelutina.it, funded by Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste, Italy). I am particularly indebted to Laura Bortolotti for her coordination of the network. I also thank all the participants to the Stopvelutina platform for their reports. I thank Eleonora Ciprari, formerly master student at Pisa University, for her help with data mapping. Funds to AC came from the Project GENAPIS.IT.4, funded by Italian Ministry of Agriculture under REG. UE 2021/2115 (CAMPAGNA 2026 N. 63730000138) and from University of Pisa.

REFERENCES

- BACHER S., GALIL B., NUNEZ M., ANSONG M., CASSEY P., DEHNEN-SCHMUTZ K., FAYVUSH G., HIEMATH A., ILEGAMI M., MARTINOU A., McDERMOTT S., 2023 – *Impacts of invasive alien species on nature, nature's contributions to people, and good quality of life*. - IP-BES Invasive Alien Species Assessment, 1–222.
- BAX N., WILLIAMSON A., AGUERO M., GONZALEZ E., GEEVES W., 2003 – *Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity*. - Marine Policy, 27(4): 313–323.
- BERTELSMEIER C., BONNAMOUR A., GARNAS J.R., LIU T., PERREAULT R., OLLIER S., 2025 – *Temporal dynamics and global flows of insect invasions in an era of globalization*. - Nature Reviews Biodiversity, 1(2): 90–103.
- CINI A., CAPPA F., PETROCELLI I., PEPICIELLO I., BORTOLOTTI L., CERVO R., TURILLAZZI S., 2018 – *Competition between the native and the invasive hornets Vespa crabro and Vespa velutina: a comparison of ecological niches*. - Biological Invasions, 20 (11): 3105–3118.
- EUROPEAN COMMISSION, 2016 – *Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1141 of 13 July 2016 adopting a list of invasive alien species of Union concern*. - Official Journal of the European Union, L189, pp. 4–8.
- FORTUNA T.M., LE GALL P., MEZDOUR S., CALATAYUD P.A., 2022 – *Impact of invasive insects on native insect communities*. - Current Opinion in Insect Science, 51:100904.
- GELLER J.B., WALTON E.D., GROSHOLZ E.D., RUIZ G.M., 1997 – *Cryptic invasions of the crab Carcinus detected by molecular phylogeography*. - Molecular Ecology, 6(10): 901–906.
- GONZÁLEZ-MORENO P., ANDELKOVIĆ A.A., ADRIAENS T., BOTELLA C., DEMETRIOU J., BASTOS R., BERTOLINO S., LÓPEZ-CAÑIZARES C., ESSL F., FIŠER Ž., GLAVENDEKIĆ M., 2025 – *Citizen science platforms can effectively support early detection of invasive alien species according to species traits*. - People and Nature, 7(1): 278–294.
- HAXAIRE J., BOUGUET J.-P., TAMISIER J.-P., 2006 – *Vespa velutina Lepeletier, 1836, une redoutable nouveauté pour la faune de France (Hymenoptera: Vespidae)*. - Bulletin de la Société Entomologique de France, 111(2): 194.
- HILL M.P., CLUSELLA-TRULLAS S., TERBLANCHE J.S., RICHARDSON D.M., 2016 – *Drivers, impacts, mechanisms and adaptation in insect invasions*. - Biological Invasions, 18(4):883–891.
- LARSON E.R., GRAHAM B.M., ACHURY R., COON J.J., DANIELS M.K., GAMBRELL D.K., JONASEN K.L., KING G.D., LARACUENTE N., PERRIN-STOWE T.I., REED E.M., 2020 – *From eDNA to citizen science: emerging tools for the early detection of invasive species*. - Frontiers in Ecology and the Environment, 18(4):194–202.
- MONCEAU K., BONNARD O., THIÉRY D., 2014 – *Vespa velutina: a new invasive predator of honeybees in Europe*. - Journal of Pest Science, 87(1): 1–16.
- NOAR R.D., JAHANT-MILLER C.J., EMERINE S., HALLBERG R., 2021 – *Early warning systems as a component of integrated pest management to prevent the introduction of exotic pests*. - Journal of Integrated Pest Management, 12(1):16.
- PEJCHAR L., MOONEY H., 2010 – *The impact of invasive alien species on ecosystem services and human well-being*. In: Bioinvasions and Globalization: Ecology, Economics, Management and Policy, pp. 161–182.
- PÉREZ G., VILA M., GALLARDO B., 2022 – *Potential impact of four invasive alien plants on the provision of ecosystem services in Europe under present and future climatic scenarios*. - Ecosystem Services, 56:101459.
- POCOCK M.J., ADRIAENS T., BERTOLINO S., ESCHEN R., ESSL F., HULME P.E., JESCHKE J.M., ROY H.E., TEIXEIRA H., DE GROOT M., 2024 – *Citizen science is a vital partnership for invasive alien species management and research*. - iScience, 27(1).

- PYŠEK P., HULME P.E., SIMBERLOFF D., BACHER S., BLACKBURN T.M., CARLTON J.T., DAWSON W., ESSL F., FOX-CROFT L.C., GENOVESI P., JESCHKE J.M., 2020 – *Scientists' warning on invasive alien species*. - Biological Reviews, 95(6): 1511–1534.
- REASER J.K., BURGIEL S.W., KIRKEY J., BRANTLEY K.A., VEATCH S.D., BURGOS-RODRÍGUEZ J., 2020 – *The early detection of and rapid response (EDRR) to invasive species: a conceptual framework and federal capacities assessment*. - Biological Invasions, 22(1): 1–19.
- ROBINET C., SUPPO C., DARROUZET E., 2016 – *Rapid spread of the invasive yellow-legged hornet in France: the role of human-mediated dispersal and the effects of control measures*. - Journal of Applied Ecology, 53(1): 205–215.
- ROME Q., PERRARD A., MULLER F., VILLEMANT C., 2009 – *Monitoring and control modalities of a honeybee predator, Vespa velutina nigrithorax (Hymenoptera: Vespidae)*. Aliens: The Invasive Species Bulletin, 28: 7–15.
- SHIRK J.L., BALLARD H.L., WILDERMAN C.C., PHILLIPS T., WIGGINS A., JORDAN R., MCCALLIE E., MINARCHEK M., LEWENSTEIN B.V., KRASNY M.E., BONNEY R., 2012 – *Public participation in scientific research: a framework for deliberate design*. - Ecology and Society, 17(2): 29.
- SIMBERLOFF D., MARTIN J.-L., GENOVESI P., MARIS V., WARDLE D.A., ARONSON J., COURCHAMP F., GALIL B., GARCÍA-BERTHOUE E., PASCAL M., PYŠEK P., SOUSA R., TABACCHI E., VILÀ M., 2013 – *Impacts of biological invasions: what's what and the way forward*. - Trends in Ecology & Evolution, 28(1): 58–66.
- TAN K., RADLOFF S.E., LI J.J., HEPBURN H.R., YANG M.X., ZHANG L.J., NEUMANN P., 2007 – *Bee-hawking by the wasp, Vespa velutina, on the honeybee Apis cerana*. - Naturwissenschaften, 94(6): 469–472.
- VILLEMANT C., HAXAIRE J., STREITO J.-C., 2006 – *Premier bilan de l'invasion de Vespa velutina Lepeletier en France (Hymenoptera: Vespidae)*. - Bulletin de la Société Entomologique de France, 111(4): 535–538.
- VILLEMANT C., MULLER F., HAUBOIS S., PERRARD A., DARROUZET E., ROME Q., 2011 – *Bilan des travaux (MNHN et IRBI) sur l'invasion en France de Vespa velutina, le frelon asiatique prédateur d'abeilles*. - Insectes, 162: 3–7.

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE, 14 NOVEMBRE 2025

Tavola Rotonda su:

NUOVI PARASSITI FORESTALI IN ITALIA:
AGGIORNAMENTI, SFIDE E PROSPETTIVE

Coordinatore:

ACCADEMICO MASSIMO FACCOLI

PAYSANDISIA ARCHON (LEPIDOPTERA, CASTNIIDAE) NELLE MARCHE: AGGIORNAMENTI E PROSPETTIVE

SARA RUSCHIONI - NUNZIO ISIDORO - PAOLA RIOLO

*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali
Università Politecnica delle Marche
Via Brecce Bianche, 60131 Ancona, Italia
Autore corrispondente: e-mail: s.ruschioni@univpm.it*

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

Paysandisia archon (Lepidoptera, Castniidae) in the Marche Region (Italy): updates and perspectives

Paysandisia archon (Burmeister, 1880) is an invasive palm-boring moth accidentally introduced into Europe through international trade of ornamental palms in the late 1990s. After an initial phase of low detectability and risk underestimation, the species rapidly expanded throughout Mediterranean regions, including Central Italy. This paper reviews the invasion history, biological traits, host plants, impacts and management issues of *P. archon* in the Marche region. Particular attention is given to the cryptic larval development, delayed diagnosis, high dispersal capacity and wide host availability, all of which contribute to the persistence of the species and limit the effectiveness of control measures. Following its removal from the EU quarantine lists in 2019, *P. archon* is now considered naturalized in most Mediterranean areas, leading to a transition from centralized emergency management to fragmented local interventions. The case of *P. archon* highlights the long-term ecological and economic consequences of biological invasions even after the formal end of phytosanitary emergency measures.

KEY WORDS: invasive species; palm pests; biological invasion; urban ecosystems; post-quarantine phase

INTRODUZIONE

Paysandisia archon (Burmeister, 1880) (Lepidoptera: Castniidae) è un lepidottero xilofago associato alle palme, originario del Sud America e introdotto accidentalmente in Europa attraverso il commercio internazionale di piante ornamentali, presumibilmente tra la fine degli anni Novanta e gli inizi del Duemila (AGUILAR *et al.*, 2001; ISIDORO *et al.*, 2017; MUÑOZ-ADALIA e COLINAS, 2020). A oltre due decenni dalla sua prima segnalazione, la specie rappresenta uno degli esempi più significativi di insetto alieno invasivo nel contesto mediterraneo, non solo per l’entità dei danni arrecati alle palme ornamentali e al paesaggio urbano, ma anche per la complessa traiettoria gestionale e normativa che ne ha accompagnato la diffusione.

Dopo una fase iniziale caratterizzata da una scarsa evidenza dei sintomi e da una conseguente sottostima del rischio fitosanitario, *Paysandisia archon* ha progressivamente esteso il proprio areale, stabilendo popolazioni vitali in numerose regioni europee (ISIDORO *et al.*, 2017; MUÑOZ-ADALIA e COLINAS, 2020). Tale fase di latenza non

è riconducibile a una reale inattività della specie, ma alla combinazione di fattori biologici, ecologici e gestionali che hanno ritardato l’individuazione delle infestazioni, in particolare la natura criptica dello sviluppo larvale, la lunga durata del ciclo vitale e la difficoltà nel riconoscere i sintomi nelle fasi iniziali (RIOLO *et al.*, 2004; EPPO, 2010; SARTO I MONTEYS, 2013).

Questo andamento, osservato anche nelle Marche, risulta coerente con un modello di invasione biogeografica ampiamente documentato per numerosi insetti fitofagi alieni, in cui introduzioni multiple associate al commercio internazionale di piante, una fase di latenza biologica e gestionale e una successiva espansione rapida si susseguono in modo relativamente prevedibile (MACK *et al.*, 2000; ROQUES *et al.*, 2010; BLACKBURN *et al.*, 2011; LIEBHOLD *et al.*, 2012; MAZZOTTI e BRIGGS-GONZALEZ, 2015). Nel caso di *P. archon*, la compatibilità climatica con le regioni mediterranee e la presenza diffusa delle piante ospiti in contesti urbani e periurbani, potrebbero aver agito come una vera e propria rete di habitat idonei alla colonizzazione e allo stabilizzarsi delle popolazioni.

Il superamento della fase di latenza ha coinciso con l'emergere di danni visibili e con un rapido incremento della percezione del problema, segnando il passaggio da una presenza localizzata e poco evidente a una fase di invasione conclamata, difficilmente reversibile su scala regionale. Nel contesto marchigiano, la specie è stata segnalata per la prima volta nel 2003 in provincia di Ascoli Piceno, in concomitanza con danni evidenti a palme ornamentali impiegate in ambito urbano (RIOLO *et al.*, 2004). L'origine di tali infestazioni è stata ricondotta alla movimentazione di piante infestate provenienti da altre regioni italiane o dall'estero, confermando il ruolo centrale del vivaismo come principale via di ingresso e diffusione della specie.

Le caratteristiche biologiche ed etologiche di *Paysandisia archon* contribuiscono in modo sostanziale alla sua elevata capacità invasiva nei contesti mediterranei. La specie presenta attività prevalentemente diurna ed è dotata di ali vistosamente colorate, peculiarità relativamente rara tra i Lepidotteri fitofagi associati alle palme, che indica un possibile ruolo rilevante degli stimoli visivi nei processi di orientamento e riconoscimento (SARTO I MONTEYS e AGUILAR, 2005; SARTO I MONTEYS *et al.*, 2012; DELLA VEDOVE *et al.*, 2014; PIRIH *et al.*, 2018). Tale componente visiva si integra con un sistema di comunicazione chimica che coinvolge sia la localizzazione della pianta ospite sia le interazioni riproduttive. La ricerca dell'ospite, infatti, potrebbe avvenire attraverso la percezione di composti organici volatili emessi dalle palme, consentendo agli adulti di individuare piante idonee anche a distanza e aumentando l'efficienza di colonizzazione in ambienti frammentati e antropizzati (BRUCE *et al.*, 2005; RUSCHIONI *et al.*, 2015).

Il ciclo biologico di *P. archon*, strettamente dipendente dalla pianta ospite, può estendersi su più anni, permettendo alle larve xilofaghe di svilupparsi all'interno dei tessuti vegetali in modo prolungato e scarsamente rilevabile. Questo aspetto, unito alla difficoltà nell'individuare i sintomi nelle fasi iniziali dell'infestazione, favorisce la persistenza della specie e ne complica la difesa (RIOLO *et al.*, 2015; EPPO, 2020). Gli adulti sono abili volatori e presentano una capacità di dispersione naturale stimata fino a decine di chilometri, contribuendo alla rapida espansione dell'areale una volta che la specie si è stabilizzata in un territorio (SARTO I MONTEYS e AGUILAR, 2005; PELTIER, 2007; EPPO, 2020).

Nelle Marche, *Paysandisia archon* mostra un ampio spettro di piante ospiti appartenenti alla famiglia Arecaceae, tra cui *Chamaerops humilis*, *Trachycarpus fortunei*, *Washingtonia* spp. e *Phoenix canariensis*, tutte ampiamente diffuse in contesti urbani, periurbani e costieri (RUSCHIONI *et al.*, 2015; RIOLO *et al.*, 2015). La disponibilità continua di tali ospiti ornamentali ha favorito lo stabilizzarsi della specie e la persistenza delle infestazioni su scala locale, trasformando il paesaggio urbano in un ambiente particolarmente favorevole alla sua sopravvivenza.

I danni sono causati prevalentemente dalle larve xilofaghe, che scavano gallerie all'interno del fusto e

delle basi fogliari, compromettendo progressivamente la stabilità e la vitalità della pianta. La particolare anatomia delle palme, caratterizzate da un fusto non ramificato e da tessuti parenchimatici ricchi di riserve, offre un ambiente favorevole allo sviluppo larvale e consente alla specie di completare cicli di sviluppo prolungati all'interno della pianta ospite (SARTO I MONTEYS e AGUILAR, 2013). Le gallerie risultano spesso localizzate in porzioni interne difficilmente ispezionabili, con una progressiva compromissione della stabilità strutturale e della funzionalità vascolare della pianta, fino alla morte della stessa nei casi più gravi.

I sintomi nelle fasi iniziali dell'infestazione possono essere poco specifici, difficilmente visibili e differire tra specie di palma diverse, contribuendo a ritardare la diagnosi e favorire il raggiungimento di stadi avanzati di infestazione prima dell'attuazione di interventi gestionali (RIOLO *et al.*, 2004; RUSCHIONI *et al.*, 2015; EPPO, 2020).

Nel corso degli anni sono state sperimentate diverse strategie di controllo nei confronti di *Paysandisia archon*, tra cui trattamenti endoterapici, applicazioni per aspersione, e l'impiego di funghi e nematodi entomopatogeni, in particolare *Steinernema carpocapsae* (NARDI *et al.*, 2009; PÉREZ *et al.*, 2010; SARTO I MONTEYS, 2013; EPPO, 2020; MUÑOZ-ADALIA e COLINAS, 2020). Tuttavia, l'efficacia di tali interventi è risultata variabile e fortemente condizionata dallo stadio dell'infestazione al momento dell'applicazione.

I limiti principali non sono riconducibili esclusivamente alle caratteristiche dei mezzi tecnici impiegati, ma risultano strettamente legati alla biologia della specie e alla modalità di sviluppo larvale (EPPO, 2020; MUÑOZ-ADALIA e COLINAS, 2020). Le larve conducono infatti uno sviluppo criptico all'interno dei tessuti della palma, spesso localizzato in porzioni profonde e scarsamente accessibili del fusto e delle basi fogliari, rendendo difficoltosa la raggiungibilità del bersaglio da parte dei prodotti applicati. Inoltre, la diagnosi dell'infestazione avviene frequentemente in una fase già avanzata, quando i danni strutturali sono evidenti e la popolazione larvale è ben insediata all'interno della pianta. In tali condizioni, anche interventi tecnicamente corretti risultano poco efficaci nel contenere l'infestazione o nel prevenire la perdita della pianta.

Dal punto di vista normativo, *P. archon* è stata rimossa nel 2019 dalle liste degli organismi da quarantena dell'Unione Europea, rimanendo soggetta a misure restrittive solo in specifiche zone protette (EUROPEAN UNION, 2019). La specie è oggi considerata naturalizzata in gran parte delle regioni mediterranee. In Italia, ciò ha comportato il passaggio da una gestione centralizzata di emergenza a un sistema frammentato di interventi locali, demandati ai Servizi Fitosanitari regionali e agli enti territoriali. Questa fase post-quarantena è caratterizzata da impatti cronici e da costi economici rilevanti, legati principalmente alla gestione del verde urbano e costiero e alla sostituzione delle palme ornamentali danneggiate.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il caso di *Paysandisia archon* dimostra che la conclusione della fase emergenziale e la deregolamentazione fitosanitaria non coincidono necessariamente con la cessazione degli effetti di un'invasione biologica. Al contrario, gli impatti possono continuare nel tempo, spesso in modo meno evidente ma strutturalmente persistente, con ricadute economiche, paesaggistiche ed ecologiche significative. Nel contesto mediterraneo, *P. archon* rappresenta pertanto un caso paradigmatico per comprendere le dinamiche a lungo termine delle invasioni biologiche e le conseguenze delle scelte normative e gestionali adottate.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR LL., MILLER J.Y., SARTO I MONTEYS V., 2001 – *A new lepidopteran family for the European fauna.* – SHILAP Rvta. lepid., 29: 86-87.
- BLACKBURN T. M., PYŠEK P., BACHER S., CARLTON J. T., DUNCAN R. P., JAROŠIK V., WILSON J. R. U., RICHARDSON D. M., 2011 – *A proposed unified framework for biological invasions* – Trends Eco. Evol., 26: 333-339.
- BRUCE T. J. A., WADHAMS L. J., WOODCOCK C. M., 2005 – *Insect host location: a volatile situation* – Trends Plant Sci. 10: 269-274.
- DELLE-VEDOVE R., FRÉROT B., HOSSAERT-McKEY M., BEAUDOIN-OLLIVIER L., 2014 – *Courtship behavior of the castniid palm borer, Paysandisia archon: potential roles of male scents and visual cues in a day-flying moth.* – Journal of Insect Science, 14, 52.
- EPPO, 2010 – *Diagnostic protocol for Paysandisia archon.* EPPO Standards PM 7/108. - EPPO Bulletin, 41: 363-368.
- EPPO, 2020 – *Paysandisia archon.* EPPO datasheet on pests recommended for regulation. European and Mediterranean Plant Protection Organization, Paris.
- EUROPEAN UNION, 2019 – *Commission Implementing Regulation (EU) 2019/2072 establishing uniform conditions for the implementation of Regulation (EU) 2016/2031 of the European Parliament and the Council, as regards protective measures against pests of plants, and repealing Commission Regulation (EC) No 690/2008 and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2018/2019.* Official Journal of the European Union, L 319: 1-279.
- ISIDORO N., RIOLO P., VERDOLINI E., PERI E., BEAUDOIN-OLLIVIER L., 2017 – *Paysandisia archon: Taxonomy, distribution, biology, and life cycle* – Handbook of major palm pests: Biology and management, 131-149.
- LIEBHOLD A.M., BROCKERHOFF E.G., GARRETT L.J., PARKE J.L., BRITTON K.O., 2012 – *Live plant imports: the major pathway for forest insect invasions of the US.* – Frontiers in Ecology and the Environment, 10: 135-143.
- MACK R.N., SIMBERLOFF D., LONSDALE W. M., EVANS H., CLOUT M., BAZZAZ F. A., 2000 – *Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control.* – Ecol. Appl. 10: 689-710.
- MAZZOTTI F. J., BRIGGS-GONZALEZ V., 2015. *A summary of invasive species risk assessments, and proposed and existing assessment frameworks.* Florida Fish Wildlife Conserv. Comm., 1-45.
- MUÑOZ-ADALIA E. J., COLINAS C., 2020 – *The invasive moth Paysandisia archon in Europe: Biology and control options.* – Journal of Applied Entomology, 144: 341-350.
- NARDI S., RICCI E., LOZZI R., MAROZZI F. LADURNER E., CHIABRANDO F., ISIDORO N., RIOLO P., 2009 – *Use of Entomopathogenic nematodes for the control of Paysandisia archon Burmeister.* – IOBC/wprs Bulletin, 45: 375-378.
- PELTIER J.-B., 2007 - *Une glu salvatrice contre le ravageur de palmiers Paysandisia archon.* INRA, France.
- PÉREZ L., ANDRÉ N., GUTLEBEN C., VENDEVILLE J., LACORDAIRE A.-I., MAURY A., CHAPIN E., 2010 – *Palmier, efficacité curative du nématode Steinernema carpocapsae contre le papillon palmivore Paysandisia archon: résultats d'essais conduits dans des jardins et espaces verts.* – Phytoma – La Défense des Végétaux 637: 14-17.
- PIRIH P., ILIĆ M., RUDOLF J., ARIKAWA K., STAVENGA D. G., BELUŠIĆ G., 2018 – *The giant butterfly-moth Paysandisia archon has spectrally rich apposition eyes with unique light-dependent photoreceptor dynamics.* – J Comp Physiol A 204: 639-651.
- RIOLO P., RUSCHIONI S., ISIDORO N., 2004 – *Prima segnalazione di Paysandisia archon (Burmeister) nelle Marche.* - Informatore Fitopatologico, 54: 28-31.
- RIOLO P., RUSCHIONI S., ISIDORO N., 2015 – *Host plants and damage assessment of Paysandisia archon in central Italy.* – Bulletin of Insectology, 68: 201-208.
- ROQUES A., KENIS M., LEES D., LOPEZ-VAAMONDE C., RABITSCH W., RASPLUS J.Y., ROY D., 2010 – *Alien terrestrial arthropods of Europe.* BioRisk, 4: 1028pp.
- RUSCHIONI S., RIOLO P., ISIDORO N., 2015 – *Biology and impact of Paysandisia archon in Italy.* – Bulletin of Insectology, 68: 141-150.
- SARTO I MONTEYS V., AGUILAR L., 2005 – *The Castniid palm borer, Paysandisia archon (Burmeister, 1880), in Europe: comparative biology, pest status and possible control methods (Lepidoptera: Castniidae).* – Nachr. Entomol. Ver. Apollo 26: 61-94.
- SARTO I MONTEYS V., ACÍN P., ROSELL G., QUERO C., JIMÉNEZ M. A., GUERRERO A., 2012 – *Moths behaving like butterflies. Evolutionary loss of long range attractant pheromones in Castniid moths: a Paysandisia archon model.* – PLOS ONE 7: e29282.
- SARTO I MONTEYS V., 2013 – *Paysandisia archon (Castniidae): description, biological cycle, behaviour, host plants, symptoms and damages.* AFPP – Palm Pest Mediterranean Conference Nice.

CYDALIMA PERSPECTALIS (LEPIDOPTERA, CRAMBIDAE): UNA MINACCIA PER LE FORMAZIONI NATURALI DI BOSSO NELL'ITALIA NORD-OCCIDENTALE

CHIARA FERRACINI

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Largo P. Braccini 2, 10095
Grugliasco (TO), Italia, chiara.ferracini@unito.it

Cydalima perspectalis (Lepidoptera, Crambidae): a serious threat to natural boxwood formations in northwestern Italy

The box tree moth (BTM), *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera: Crambidae), represents one of the recent examples of exotic insect pests native to Asia accidentally introduced into Europe in 2007 by nursery trade. This species is a major pest of *Buxus* species posing a significant risk to ornamental plants in urban environment and to spontaneous box trees in protected natural habitats, as well. In European environments, box trees (*Buxus sempervirens* L.) form the EU Habitat 5110, and BTM outbreaks are seriously endangering its long-term survival.

The damage caused by BTM is due to the feeding activity of the larvae on leaves and shoots and severely harming host plants. Infested plants typically show large amounts of silk threads with frass. In presence of high population density, larvae can feed on the bark and lead to complete defoliation, posing a serious threat to the host plants.

While chemical insecticides are used to eradicate BTMs from ornamental plants in nurseries, integrated pest management strategies have been explored to protect boxwood in the wild. Some predation by arthropods or birds and parasitism by insect wasps have been documented, but currently no effective control of the pest was ever reported. Pheromone traps are likely to be effective in monitoring, but they proved inadequate for suppressing the moth invasion at larger scales. So far, because of their effectiveness, treatments with *Bacillus thuringiensis*, specifically using the variety *kurstaki*, are the most widespread strategies to manage BTM population growth.

Novel approaches to control BTM are urgently needed to minimize the loss of ornamental and native box trees across Europe. Preventing further infestation outbreaks is crucial to preserve relict species, such as *Buxus balearica* Lam., occurring in southern Spain, Balearic Islands, and Sardinia, and *Buxus colchica* Pojark in the Caucasus.

KEY WORDS: box tree moth, *Buxus*, invasive alien species, EU Habitat 5110

La piralide del bosso, *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae), rappresenta solo uno dei recenti casi di introduzione in Europa di specie esotiche di provenienza asiatica.

C. perspectalis è un insetto originario delle regioni subtropicali dell'Asia meridionale e orientale (Cina, Corea del Sud, Giappone e India) e in Europa è stato rinvenuto per la prima volta nel sud-ovest della Germania nel

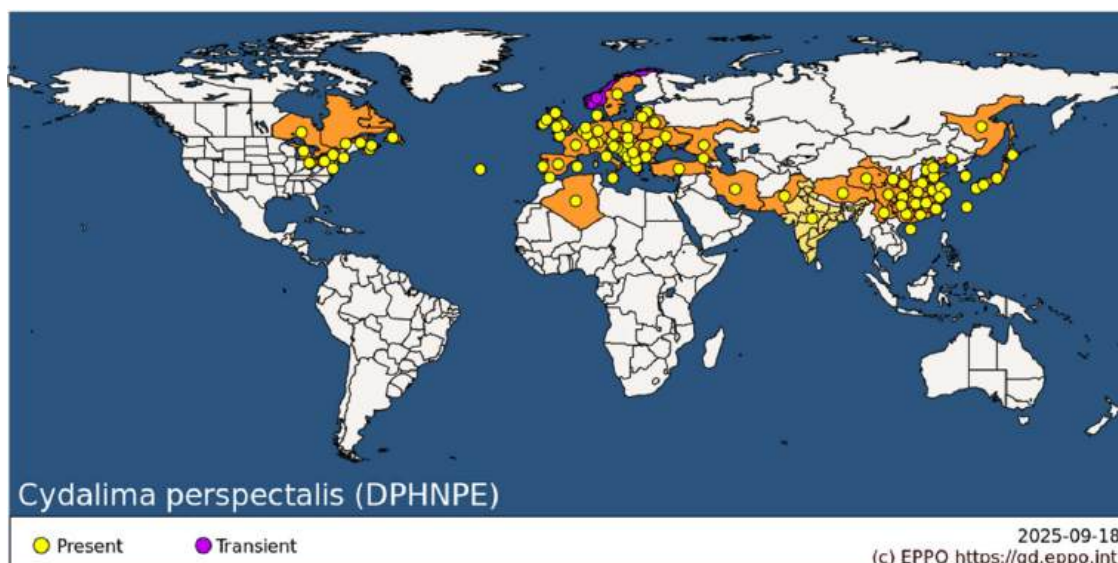


Fig. 1 - Distribuzione mondiale di *Cydalima perspectalis* (Walker) (Fonte <https://gd.eppo.int>).

2007, introdotto probabilmente tramite il commercio vivaistico di piantine di bosso infestate provenienti dall'Asia (VAN DER STRATEN e MUUS, 2010).

Alla fine del 2012, solo 5 anni dopo il primo ritrovamento in Germania, il lepidottero era già stato segnalato in 16 Stati europei, con conseguenti ingenti danni economici a bossi ornamentali di giardini e parchi, oltre a quelli ecologici nei popolamenti spontanei presenti in particolari biocenosi forestali (KENIS *et al.*, 2013) (Fig. 1).

I primi ritrovamenti in Italia risalgono al 2010 in Veneto e dal quel momento la piralide del bosso ha incominciato a diffondersi in tutto il Paese (BIANCO *et al.*, 2016). Nel 2018 il fitofago è stato segnalato anche in Africa (Algeria) e dal 2021 è presente anche negli Stati Uniti e in Canada.

La piralide sverna principalmente come larva di terza età all'interno di un bozzolo costruito in autunno nella chioma delle piante ospiti, unendo con fili sericei più foglie, spesso parzialmente erose. In primavera, quando le temperature risalgono, le larve escono dai loro ricoveri e tornano a nutrirsi a spese di altre foglie, per completare il loro sviluppo, trasformarsi in crisalidi e sfarfallare dopo qualche settimana. L'adulto è una farfalla con ali bianche (apertura alare di circa 40 mm) munita di un'evidente fascia marrone distale (Fig. 2). Esiste anche una forma melanica, caratterizzata da ali brune.



Fig. 2 - Individuo adulto di *Cydalima perspectalis* (Walker).

Gli adulti mostrano spiccate capacità di volo, con un'espansione annuale che può raggiungere i 10 km (CANELLES *et al.*, 2021).



Fig. 3 - Presenza di ovopacche di *Cydalima perspectalis* (Walker).

Le uova, di colore giallo chiaro, sono appiattite e di forma tondeggianti (diametro di circa 1 mm) e deposte in ovopacche di 15-20 elementi sulla pagina inferiore delle foglie (Fig. 3). Nell'areale di origine della specie, la generazione svernante produce una media di 500 uova per individuo (WAN *et al.*, 2014).

Le larve sono di colore giallo con capo nero e si nutrono fino a raggiungere a maturità 35-38 mm di lunghezza. A causa della loro intensa attività trofica, si rendono responsabili di estese defogliazioni a carico delle piante del genere *Buxus* (RAINERI *et al.*, 2017; BARBERO *et al.*, 2024) (Fig. 4).



Fig. 4 - Danno sulla pagina inferiore causato dall'attività trofica di una larva di *Cydalima perspectalis* (Walker).

In Europa, questo fitofago si riscontra comunemente a carico del bosso europeo *Buxus sempervirens* (L.), mentre nel suo areale nativo colpisce prevalentemente le specie *Buxus sinica* e *Buxus microphylla* (WAN *et al.*, 2014). In caso di forti infestazioni, le larve possono danneggiare anche la corteccia, portando al deperimento e alla morte della pianta ospite dopo due anni consecutivi di infestazione (BELLA, 2013; HULUJAN *et al.*, 2021) (Fig. 5).



Fig. 5 - Erosione della corteccia (sopra) e disseccamento (sotto) a causa dell'attività trofica larvale di *Cydalima perspectalis* (Walker).

Il bosso è ampiamente utilizzato come pianta ornamentale per siepi, bordure e sculture vegetali; è un elemento cardine dei giardini storici e dei tradizionali giardini all'italiana, dove rappresenta il cuore dell'arte topiaria. Di conseguenza, le infestazioni di *C. perspectalis* hanno causato perdite significative di piante ospiti negli ambienti urbani, sia nelle zone di origine che in quelle di introduzione (WAN *et al.*, 2014).

In Italia formazioni arbustive, più o meno aperte, dominate da *B. sempervirens*, sono riconducibili all'habitat cenosi di pseudomacchia, di mantello, di gariga e di boscaglia in cui il bosso, sempre dominante, può essere accompagnato da altri arbusti. Queste cenosi si insediano prevalentemente su substrati calcarei, su pendii aridi e pietrosi, spesso in ambiti quasi rupestri, nei piani collinare e montano. La distribuzione di questo habitat in Italia è tipico di alcune regioni quali Piemonte, Liguria, Trentino-Alto Adige, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo e Basilicata. In particolar modo, in Piemonte tale habitat è presente principalmente in provincia di Cuneo (Valli Grana, Maira, Tanaro, e Vermentagna) e nei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) "Comba di Castelmagno" (IT1160065) e "Monte Antoroto" (IT1160035). Inoltre, in Valle Grana le piante del genere *Buxus* si possono trovare anche lungo i pendii rocciosi alpini, tipologia ambientale codificata dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE come Habitat 5110 «Formazioni stabili xerotermofile a *Buxus sempervirens* sulle pendici rocciose (*Berberidion* p.p.)» (RAINERI *et al.*, 2017; FERRACINI *et al.*, 2022).

La mancanza di fattori di controllo naturali ha permesso un forte incremento della popolazione di questo lepidottero, la cui diffusione, oltre al volo attivo degli adulti, può essere agevolata dal commercio di piante provenienti da vivai infestati.

Il monitoraggio della piralide viene condotto tramite trappole collanti o a imbuto innescate con il feromone sessuale specie-specifico (Fig. 6).

La gestione di questa specie esotica invasiva negli ambienti naturali è particolarmente complessa, poiché questi habitat ospitano una grande varietà di specie associate (MITCHELL *et al.*, 2018). In tali contesti fragili, l'impiego di insetticidi a largo spettro risulta inadeguato (FERRACINI *et al.*, 2022); di conseguenza, il controllo biologico tramite antagonisti naturali diventa essenziale per una gestione sostenibile di questo fitofago invasivo.

La maggior parte degli studi sui parassitoidi e i predatori proviene dalle aree di origine, dove comunità eterogenee regolano le popolazioni del fitofago (KIM *et al.*, 2024; ARMANDA & BJELIŠ, 2025). Tra i principali nemici naturali che controllano la piralide in Asia figurano i ditteri tachinidi *Exorista* sp., *Pseudoperichaeta nigrolineata* (Walker) e *Compsilura concinnata* (Meigen), oltre a diversi imenotteri come i braconidi *Chelonus tabonus* Sonan e *Dolichogenidea stantoni* (Ashmead), il calcidide *Brachymeria lasus* (Walker) e l'icneumonide *Eriborus* sp. (KIM *et al.*, 2024; WAN *et al.*, 2014).

Al contrario, in Europa la piralide del bosso annovera un numero inferiore di parassitoidi efficaci. Studi in pieno campo hanno segnalato *P. nigrolineata* in Svizzera, Gran Bretagna e Italia (WAN *et al.*, 2014; BIRD *et al.*, 2020; FERRACINI *et al.*, 2022), *Apechthis compunctator* (L.) in Svizzera (WAN *et al.*, 2014), *Stenomalina* cf. *communis* (Nees) in Gran Bretagna (BIRD *et al.*, 2020), *C. concinnata* in Francia (MOREL *et al.*, 2021) e *Nemorilla floralis* (Fallén) in Croazia (BJELIŠ *et al.*, 2023). In Romania, HULUJAN *et al.* (2021) hanno osservato uova deposte a carico delle larve di piralide raccolte in campo, probabilmente appartenenti alla specie *Exorista larvarum* L. Studi di la-



Fig. 6 - Trappola collante innescata a feromoni sessuali per il monitoraggio di *Cydalima perspectalis* (Walker).

boratorio hanno ulteriormente indagato l'accettabilità e idoneità di *C. perspectalis* come ospite per questo dittero tachinide, evidenziando la mancata formazione di pupari e sfarfallamento di adulti (MARTINI *et al.*, 2019).

Infine, studi recenti hanno identificato per la prima volta in Europa (in Svizzera e Germania) una specie alloctona proveniente dalla Corea appartenente al genere *Eriborus* (KENIS *et al.*, 2025; HERZ *et al.*, 2026).

Per quanto riguarda i predatori, in ambienti naturali sono stati osservati diversi organismi generalisti, come uccelli insettivori, pipistrelli e ragni (CAPELLI *et al.*, 2018). In condizioni di campo è stata inoltre rilevata la presenza dell'emittero antocoride *Orius majusculus* (Reuter) e del dermattoro forficulide *Forficula auricularia* L. (GÖTTIG & HERZ, 2016; HULUJAN *et al.*, 2021).

Malgrado le numerose specie rinvenute a livello europeo, i tassi di parassitizzazione e predazione risultano tutt'ora estremamente contenuti.

Nell'ambito dei microrganismi entomopatogeni, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* è il batterio più comunemente utilizzato. Sebbene mostri un'elevata efficacia negli ambienti forestali seminaturali, non è specie-specifico, anche se recenti studi hanno evidenziato come trattamenti localizzati possano permettere la salvaguardia di piccoli nuclei di bosso spontanei senza impatto su specie di lepidotteri non bersaglio (BARBERO *et al.*, 2024).

Inoltre, nella letteratura scientifica vengono riportati diversi studi che hanno effettuato biosaggi in laboratorio per valutare il potenziale di nematodi, funghi e virus entomopatogeni. In particolare, il nematode *Steinernema carpocapsae* (GÖTTIG & HERZ, 2017) e il fungo entomopatogeno *Beauveria bassiana* (LÓPEZ *et al.*, 2022; YAMAN, 2023; BUDZISZEWSKA & BEREŠ, 2024) hanno mostrato livelli di efficacia promettenti in condizioni di laboratorio.

Data l'invasività della specie e l'urgenza di tutelare i popolamenti spontanei, risulta quindi necessario individuare nuove strategie di controllo per minimizzare la perdita di bossi in Europa, soprattutto nell'Habitat 5110. Prevenire nuovi focolai è infatti determinante per la salvaguardia di specie relitte come *Buxus balearica* Lam., presente nella Spagna meridionale, nelle Isole Baleari e in Sardegna, e *Buxus colchica* Pojark nel Caucaso.

BIBLIOGRAFIA

- ARMANDA A.R., BJELIŠ M., 2025 – Overview of invasion and control management options of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera, Crambidae). - Šumarski list, 149: 1-2. doi:10.31298/sl.149.1-2.6
- BARBERO F., POGOLOTTI C., BONELLI S., FERRACINI C., 2024 – Is microbiological control of the box tree moth feasible? Effectiveness and impact on non-target diurnal Lepidoptera. - Biol. Control, 188: 105427.
- BELLA S., 2013 – The box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) continues to spread in southern Europe: new records for Italy (Lepidoptera Pyraloidea Crambidae). - Redia, 96: 51-55.
- BIANCO P., CASCONI C., CICCARESE L., 2016 – La piralide del bosso. - ISPRA. http://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/La_piralide_del_bosso.pdf
- BIRD S., RAPER C., DALE-SKEY N., SALISBURY A., 2020 – First records of two natural enemies of box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), in Britain. - British J. Entomol. Nat. Hist., 33: 67-70.
- BJELIŠ M., ARMANDA A.R., NADEL H., RAPER C., SIMMONS G., 2023 – First record of *Nemorilla floralis* (Fallén, 1810) (Diptera: Tachinidae) parasitism on box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) larvae. - J. Entomol. Res. Soc., 26: 297-302.
- BUDZISZEWSKA M., BEREŠ P.K., 2024 – The box tree moth *Cydalima perspectalis*: a review of biology, invasiveness, management practices and future perspectives of control strategy in Europe. - J. Plant Prot. Res., 64: 275-286.
- CANELLES Q., BASSOLS E., VAYREDA J., BROTONS L., 2021 – Predicting the potential distribution and forest impact of the invasive species *Cydalima perspectalis* in Europe. - Ecol. Evol., 11: 5713-5727. doi:10.1002/ece3.7476
- CAPELLI M., DULAC C.C., CHAUVIN D., COLOMBEL E., DE BODARD M., MOREL E., KAISER L., TABONE E., 2018 – Development of a protocol based on molecular techniques in order to identify native predators eating the box tree moth *Cydalima perspectalis* in France. - Agric. and Food: J. Int. Sci. Public., 9: 243-254.
- FERRACINI C., POGOLOTTI C., MANCARDI P., MIGLIO M., BONELLI S., BARBERO F., 2022 – The box tree moth: an invasive species severely threatening *Buxus* natural formations in NW Italy. - Forests, 13: 178. doi:10.3390/f13020178
- GÖTTIG S., HERZ A., 2016 – Are egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) promising biological control agents for regulating the invasive Box tree pyralid, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae)? - Biocontrol Sci. Technol., 26: 1471-1488. doi:10.1080/09583157.2016.1211990
- GÖTTIG S., HERZ A., 2017 – Observations on the seasonal flight activity of the box tree pyralid *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Rhine-Main region of Hesse. - J. Kulturpflanzen, 69: 157-165.
- HERZ A., LÜDKE D., RIEDEL M., 2026 – Here I am! Evidence of a Hymenopteran larval parasitoid attacking the Box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) in Germany confirmed. - Bull. Insectol., 79: 13-19.
- HULUJAN I.B., FLORIAN T., FLORIAN V.C., OLTEAN I., 2021 – Zoophagous entomofauna and entomopathogenic agents reported on *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in north western Romania. - Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 49: 11786.
- KENIS M., NACAMBO S., LEUTHARDT F.L.G., DI DOMENICO F., HAYE T., 2013 – The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? - Aliens, 33: 38-41.

- KENIS M., KLOPFSTEIN S., LEE M., LEE S., SEEHAUSEN M.L., 2025 – *Will an accidentally introduced parasitoid save European box trees?* - CABI Agriculture and Bioscience, 6: 0081.
- KIM B.C., SUL S.G., PARK I.K., 2024 – *Morphological and biological characteristics of Eriborus sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of Cydalima perspectalis (Lepidoptera: Crambidae).* - J. Econ. Entomol., 117: 1564-1571.
- LÓPEZ C., LAS HERAS S., GARRIDO-JURADO I., QUESADA-MORAGA E., EIZAGUIRRE M., 2022 – *Survey of Natural Enemies of the Invasive Boxwood Moth Cydalima perspectalis in Southwestern Mediterranean Europe and Biocontrol Potential of a Native Beauveria bassiana (Bals.-Criv.) Vuill. Strain.* - Insects, 13: 781.
- MARTINI A., DI VITANTONIO C., DINDO M.L., 2019 – *Acceptance and suitability of the box tree moth Cydalima perspectalis as host for the tachinid parasitoid Exorista larvarum.* - Bull. Insectol., 72: 150-160.
- MITCHELL R., CHITANAVA S., DBAR R., KRAMARETS V., LEHTIJÄRVI A., MATCHUTADZE I., MAMADASHVILI G., MATSIKHA I., NACAMBO S., PAPAZOVA-ANAKIEVA I., SATHYAPALA S., TUNIYEV B., VÉTEK G., ZUKHBAIA M., KENIS M., 2018 – *Identifying the ecological and societal consequences of a decline in Buxus forests in Europe and the Caucasus.* - Biol. Inv., 20: 3605-3620.
- MOREL E., CAPELLI M., DE BODARD M., COLOMBEL E., MICHEL T., TABONE E., 2021 – *Research for native parasites and predators of the box tree moth Cydalima perspectalis in natural boxwood forests in France.* - Proc. 10th Int. Conf. Agric. & Food, Aug 2021, Burgas, Bulgaria, pp. 231-242.
- RAINERI V., BONECHI F., CARACCILO D., CRESTA P., MARIOTTI M., 2017 – *Cydalima perspectalis (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) and threats to the Natura 2000 habitat 5110 in Liguria (NW Italy).* - Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici, 79.
- VAN DER STRATEN M.J., MUUS T.S.T., 2010 – *The box tree pyralid, Glyphodes perspectalis (Lepidoptera: Crambidae), an invasive alien moth ruining box trees.* - Proc. Netherlands Entomol. Soc. Meeting, 21: 107-111.
- WAN H., HAYE T., KENIS M., NACAMBO S., XU H., ZHANG F., LI H., 2014 – *Biology and natural enemies of Cydalima perspectalis in Asia: is there biological control potential in Europe?* - J. Appl. Entomol., 138: 715-722.
- YAMAN M., 2023 – *Potential of entomopathogens in biological control of the box-tree moth Cydalima perspectalis (Lepidoptera: Crambidae).* - Baltic Forestry, 29: 603.

SCOLITIDI XILOMICETOFAGI ALIENI E LORO FUNGHI SIMBIONTI: UNA PROBLEMATICHE EMERGENTE IN AMBIENTE MEDITERRANEO

ANTONIO GUGLIUZZO - GIOVANNA TROPEA GARZIA - AGATINO RUSSO - ANTONIO BIONDI

Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università degli studi di Catania, Via Santa Sofia 100, 95123, Catania

Corrispondenza: Antonio Gugliuzzo antonio.gugliuzzo@unict.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

Non-native ambrosia beetles and their fungal symbionts: an emerging challenge in the Mediterranean environment

Ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) represent an ecological group of insects sharing the same feeding strategy based on fungus-farming. In particular, these insects establish mutualistic associations with specific fungal symbionts, which they transfer into the host plant to serve as unique nutritional source for both larvae and adults. This symbiosis is mediated by specialized structures known as mycetangia (or mycangia), which allow for the maintenance and transport of fungal inoculum during dispersal and host colonization. Currently, an increasing number of ambrosia beetle species are gaining global economic and ecological significance as invasive pests. Here, we focus on invasive taxa, specifically within the genera *Euwallacea*, *Xyleborus* and *Xylosandrus*, that are either recently established in the Mediterranean basin or pose a substantial risk of introduction. Species in those genera are able to adapt and rapidly spread into new areas, and these successful adaptive traits are further driven by climate change and global trade. Such invasions can lead to severe ecological and economic consequences, particularly when the associated fungal symbionts are phytopathogenic, as in the case of ‘*Fusarium dieback*’ caused by *Fusarium* spp. associated with *Euwallacea* spp. and ‘*Laurel wilt*’ caused by *Harringtonia lauricola* associated with *Xyleborus glabratus*. Furthermore, the emergence of novel beetle-fungus associations within the genus *Xylosandrus* underscores the urgency of characterizing these interactions in invaded ranges. Advancing our understanding of these symbiotic complexes is essential for developing novel management approaches focusing on mutualism disruption to suppress beetle development.

KEY WORDS: *Euwallacea*; Invasive pest; Mutualism; *Xyleborus*; *Xylosandrus*.

INTRODUZIONE

Il successo evolutivo di numerosi *taxa* di insetti è intrinsecamente legato alla capacità di stabilire interazioni trofiche con una vasta gamma di microrganismi. In particolare, diversi gruppi di insetti hanno sviluppato strategie specifiche per l’accesso alle sostanze nutritive mediante simbionti specializzati. Un esempio emblematico è rappresentato dalle specie che si avvalgono di funghi simbionti, in grado di degradare i tessuti vegetali e che ne rappresentano l’esclusiva fonte alimentare, come nel caso della ‘fungicoltura’ da parte di coleotteri xilomicetofagi (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae e Platypodinae), di alcune formiche (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini: Attina) e delle termiti ‘coltivatrici’ di funghi (Blattodea: Termitidae: Macrotermitinae) (BIEDERMANN e VEGA, 2020).

Le relazioni tra i microrganismi che degradano il legno e numerose specie di coleotteri scolitidi variano dal-

le associazioni facoltative al mutualismo obbligato. Nel primo caso, i microrganismi associati svolgono un ruolo chiave nella detossificazione dei metaboliti di difesa prodotti dalla pianta ospite, come dimostrato per numerose specie di scolitidi corticicoli (RAFFA, 2014; COSTANZO *et al.*, 2026; SIX *et al.*, 2026). Nel secondo caso, invece, lo sviluppo avverrà esclusivamente a carico di specifici funghi simbionti trasportati e ‘coltivati’ dalla femmina fondatrice all’interno delle gallerie scavate nei tessuti legnosi, caratteristica che accomuna gli scolitidi xilomicetofagi (HULCR e STELINSKI, 2017; BIEDERMANN e VEGA, 2020). Il trasporto dei funghi simbionti avviene nella maggior parte dei casi tramite apposite strutture anatomiche specializzate, dette micetangi (o micangi). Questi variano per forma, dimensione, complessità e localizzazione nel corpo degli esemplari appartenenti a diversi *taxa* e assicurano la conservazione di simbionti nutrizionali specie-specifici (MAYERS *et al.*, 2022).

Il successo evolutivo degli scolitidi xilomicetofagi è

quindi da ricondurre alla loro indipendenza dalla diretta disponibilità di nutrienti della pianta ospite. I loro funghi simbionti ne permettono infatti lo sviluppo in vari tessuti legnosi anche se generalmente poveri di sostanze nutritive (HULCR e STELINSKI, 2017; BIEDERMANN e VEGA, 2020). Questa strategia alimentare consente loro di superare le difese chimiche di ospiti non coevoluti, rendendoli estremamente polifagi. Contestualmente, l'intensificazione del commercio globale dei materiali da imballaggio in legno e il commercio di piante vive hanno notevolmente incrementato le probabilità di introduzione di questi insetti in nuovi areali (RANGER *et al.*, 2016; GUGLIUZZO *et al.*, 2021). Allo stesso tempo, i cambiamenti climatici in atto a livello globale hanno favorito il loro rapido insediamento e la successiva diffusione in diversi contesti agricoli, urbani, vivaistico-ornamentali e forestali (RAS-SATI *et al.*, 2016a).

PRINCIPALI SPECIE INVASIVE DI INTERESSE ECONOMICO E LORO ASSOCIAZIONI SIMBIOTICHE

Sotto il profilo ecologico, gli scolitidi xilomicetofagi sono tradizionalmente classificati come fitofagi secondari, poiché la loro colonizzazione è tipicamente limitata a ospiti senescenti o in condizioni di forte stress fisiologico (RANGER *et al.*, 2016; HULCR e STELINSKI, 2017). Di conseguenza, la maggior parte delle specie non rappresenta generalmente una causa primaria di mortalità per le piante sane. Tuttavia, si riscontrano alcune eccezioni rappresentate da specie in grado di causare elevate mortalità in seguito all'infestazione delle piante ospiti. Questo si verifica, in particolare, per alcuni scolitidi invasivi che, non essendo co-evoluti con le specie arboree degli areali di recente introduzione, incontrano ospiti altamente suscettibili (DZURENKO e HULCR, 2022). In particolare, la capacità di colonizzare i tessuti legnosi di piante apparentemente sane o nelle fasi iniziali di stress fisiologico spiega perché alcune specie possano emergere come fitofagi di rilevanza economica (RANGER *et al.*, 2016; HULCR e STELINSKI, 2017; GUGLIUZZO *et al.*, 2021).

Di fatto, solo un numero limitato di scolitidi xilomicetofagi e dei loro funghi simbionti può efficacemente colonizzare alberi sani. Un esempio chiave è rappresentato dallo *Xyleborus glabratus* Eichhoff, vettore del fungo patogeno *Harringtonia lauricola* (Harrington, Fraedrich & Aghayeva) (precedentemente noto come *Raffaelea lauricola*), agente eziologico della sindrome del 'Laurel wilt' in diverse Lauraceae nelle aree di recente invasione negli Stati Uniti (HARRINGTON *et al.*, 2011). In questo caso specifico, il fungo riveste un duplice ruolo ecologico agendo sia da simbionte nutrizionale primario, trasportato dalle femmine adulte in micetangi mandibolari, sia da patogeno vascolare altamente virulento. Questo fenomeno è stato ampiamente documentato per alcune Lauraceae di interesse forestale, oltre che in piantagioni commerciali di avocado (HUGHES *et al.*, 2015). Altre specie afferenti al genere *Xyleborus*, comunemente associate a simbionti primari del genere *Raffaelea*, tra cui *X. ferrugineus* (Fabricius), *X. bispinatus* Eichhoff e *X. affinis* Ei-

chhoff, sono state riportate per la loro potenziale capacità di agire da vettori secondari di *H. lauricola* (CLOONAN *et al.*, 2022; MENOCAL *et al.*, 2023), complicando il quadro fitosanitario.

Un ulteriore caso di rilevanza fitosanitaria globale è rappresentato dalle specie del genere *Euwallacea*, in particolare quelle appartenenti al complesso di specie criptiche *E. fornicatus* s.l., a cui appartengono *E. fornicatus* s.s. (Eichhoff), *E. perbrevis* (Schedl) e *E. kuroshio* Gomez & Hulcr, oltre che *E. fornicator* (Eggers), specie diffusa nell'areale di origine, ovvero il sud-est asiatico. Questi scolitidi hanno evoluto una simbiosi obbligata con funghi appartenenti a un clade monofiletico all'interno del genere *Fusarium*, denominato Ambrosia *Fusarium* Clade (AFC) e sono trasportati in micetangi mandibolari (preorali) (MAYERS *et al.*, 2022). In questa associazione mutualistica, i funghi mutualisti non assolvono unicamente al ruolo di simbionti nutrizionali, ma agiscono da fitopatogeni opportunisti, in alcuni casi estremamente aggressivi (O'DONNELL *et al.*, 2016).

In particolare, le specie dell'AFC (come *Fusarium euwallaceae* Freeman, Mendel, Aoki & O'Donnell) sono gli agenti eziologici del 'Fusarium dieback', in grado di indurre l'interruzione del flusso xilematico e il conseguente deperimento della chioma (ESKALEN *et al.*, 2012). Tuttavia, alcuni studi specifici riportano *F. euwallaceae* come 'pseudopatogeno' poiché non in grado di causare sintomi evidenti di malattia in assenza dell'azione del suo insetto vettore. Oltre a essere associati a *Fusarium* spp., le specie del genere *Euwallacea* sono riportate in associazione con diversi altri generi fungini, tra cui *Acremonium*, *Paracremonium*, *Raffaelea*, *Graphium*, ecc. (CRUZ *et al.*, 2025). Tali evidenze suggeriscono che il microbioma di questi scolitidi xilomicetofagi sia più complesso e dinamico di quanto ipotizzato in passato, seppur il loro ruolo ecologico, diversamente dai simbionti nutrizionali primari, rimane ancora poco chiaro.

Diversi studi recenti hanno rivelato inoltre come lo scolitide xilomicetofago *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) sia in grado di infestare rami e branche di alberi sani, causando necrosi e disseccamenti e provocando in alcuni casi danni significativi alle piante ospiti (GUGLIUZZO *et al.*, 2021). L'importanza delle infestazioni di questo scolitide può essere aggravata dalla sua contemporanea associazione, oltre che con il simbionte nutrizionale primario *Ambrosiella xylebori* Brader ex von Arx & Hennebert, con il fungo fitopatogeno di recente caratterizzazione *Thyridium lauri* Voglmayr, Aiello & Leonardi. Quest'ultimo, pur risultando poco virulento nei confronti delle piante ospiti nell'areale asiatico di origine, si è dimostrato in grado di causare evidenti sintomi di deperimento sull'alloro nel bacino del Mediterraneo (COSTANZO *et al.*, 2025a).

Oltre a *X. compactus*, altre due specie afferenti al genere *Xylosandrus* hanno assunto particolare rilevanza per via dei danni arrecati a piante di interesse economico, ovvero *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) e *Xylosandrus germanus* (Blandford). Entrambe le specie sono caratterizzate da elevata polifagia e rappresentano oggi

una minaccia anche per i settori del vivaismo ornamentale e della frutticoltura (GUGLIUZZO *et al.*, 2021). Originario dell'Asia orientale, *X. crassiusculus* si distingue per la capacità di attaccare fusti e rami di diametro maggiore rispetto a *X. compactus*, prediligendo piante giovani o rami di medie dimensioni in condizioni di stress fisiologico, ma agendo talvolta anche come fitofago primario su piante sane. Sotto il profilo microbiologico, il fungo simbionte nutrizionale primario di *X. crassiusculus* è *Ambrosiella roeperi* Harrington & McNew (RANGER *et al.*, 2016).

La gestione delle infestazioni di *X. germanus* può rappresentare una sfida fitosanitaria altrettanto complessa per via della sua rapida espansione verso le regioni meridionali e mediterranee (RIBA-FLINCH *et al.*, 2022). Questa specie mostra una spiccata preferenza per ambienti ad elevata umidità ed è fortemente attratta dall'etanolo, volatile rilasciato dalle piante già nelle primissime fasi di stress (RANGER *et al.*, 2016). Il suo simbionte nutrizionale primario, costantemente associato e trasportato in micetangi mesonotali (come per altre specie congeneriche), è *Ambrosiella grosmanii* McNew, Mayers & Harrington (GUGLIUZZO *et al.*, 2023). Tuttavia, analogamente a quanto osservato per *X. compactus*, recenti indagini sulle associazioni microbiche hanno rivelato che *X. crassiusculus* e *X. germanus* possono fungere da vettori di complessi consorzi microbici, come di seguito approfondito.

PRINCIPALI SCOLITIDI XILOMICETOFAGI DI INTERESSE PER L'AREALE MEDITERRANEO E IMPORTANZA DELLE LORO COMUNITÀ FUNGINE

Sebbene riconosciuto come uno dei principali hotspot biogeografici su scala globale, il bacino mediterraneo manifesta una spiccata suscettibilità ai processi di invasione biologica da parte di specie aliene invasive. Questa vulnerabilità ecologica è alimentata sia dell'elevata densità degli interscambi mercantili globali che facilita l'introduzione accidentale di organismi alloctoni (spesso di origine tropicale o subtropicale), sia dalle alterazioni climatiche in corso che favoriscono l'insediamento di *taxa* esotici in nicchie precedentemente precluse. In questo scenario, gli scolitidi xilomicetofagi costituiscono un caso paradigmatico, riflettendo il trend esponenziale di nuove introduzioni registrate (RASSATI *et al.*, 2016b).

Attualmente assenti dal territorio europeo, *X. glabratus* e il suo simbionte primario *H. lauricola* sono inclusi nella 'EPPO Alert List' (EPPO, 2026a). La presenza di aree climatiche potenzialmente idonee all'insediamento del fitofago e la potenziale suscettibilità al suo fungo simbionte da parte di Lauracee diffuse nell'area EPPO, impongono il mantenimento di un alto livello di attenzione nei confronti di questo complesso simbiotico. Inoltre, alcune delle specie alloctone del genere *Xyleborus*, note come potenziali vettori secondari di 'Laurel wilt', tra cui *X. bispinatus*, sono state oggetto di recente intercettazione o si sono stabilmente insediate in alcuni territori europei (FACCOLI *et al.*, 2016; GALLEGGO *et al.*, 2025). Tuttavia, il

microbioma delle popolazioni invasive di *Xyleborus* spp. in Europa rimane ad oggi inesplorato o solo parzialmente caratterizzato. La possibilità che gli esemplari di queste specie possano essere stati introdotti da areali di diffusione del 'Laurel wilt', e che risultino quindi potenzialmente associati ad *H. lauricola*, evidenzia la necessità di studi mirati alla caratterizzazione del loro microbioma.

Le specie del complesso *E. fornicatus* sono classificate come organismi da quarantena per l'Europa ed inserite nella 'EPPO A2 List' (EPPO, 2026b). Tra il 2017 e il 2021, sono state riportate diverse intercettazioni in serre tropicali in Polonia, Italia e Germania e Olanda, con la conseguente attuazione di misure di eradicazione, tuttora in corso per alcuni focolai circoscritti in Germania (SCHULER *et al.*, 2023, NPPO of Germany, 2025). Dal 2022, con ulteriori rinvenimenti negli anni successivi, a seguito di infestazioni a carico di piante di avocado, acero e ricino, sono stati individuati diversi esemplari di *E. fornicatus* s.l. nel territorio di Motril (provincia di Granada), in Spagna. Le misure ufficiali di eradicazione sono attualmente in corso, ma la presenza del fitofago in coltivazioni commerciali di avocado è stata recentemente confermata, contestualmente alla segnalazione di *Euwallacea similis* (Ferrari), specie invasiva recentemente intercettata anche in Italia (GALLEGGO *et al.*, 2025; TOCCAFONDI *et al.*, 2025). Più recentemente, infestazioni di *E. fornicatus* s.l., a carico di piante ornamentali dei generi *Acer* e *Platanus*, sono state riportate in Turchia, nella provincia di Istanbul, dove sono state prontamente avviate misure di eradicazione (ACER *et al.*, 2025). Studi specifici sulle comunità simbiotiche associate alle popolazioni invasive recentemente riscontrate in Spagna e Turchia devono, tuttavia, essere ancora condotti. In Israele, invece, *E. fornicatus* s.l. e il suo simbionte primario *F. euwallaceae* rappresentano già da tempo una delle principali minacce per l'industria dell'avocado, oltre che per numerose specie arboree ornamentali (MENDEL *et al.*, 2021).

Come accennato in precedenza, *X. compactus*, rappresenta una seria minaccia per numerose piante ospiti mediterranee. Tra i funghi simbionti riportati in associazione con questo coleottero, *A. xylebori* è il mutualista nutrizionale costantemente associato. Tuttavia, alcuni studi riportano associazioni tra questo scolitide e una specie di *Fusarium* afferente al *Fusarium solani* species complex (FSSC), il cui ruolo ecologico rimane da approfondire (GUGLIUZZO *et al.*, 2021). Più di recente, indagini approfondite hanno rivelato una maggiore complessità delle comunità fungine associate a *X. compactus*, evidenziando un'elevata diversità di *taxa* fungini opportunisti e fitopatogeni associati al coleottero. Questa complessa comunità microbica, che include specie appartenenti ai generi *Fusarium*, *Geosmithia* e il già citato *T. lauri*, agirebbe in sinergia con il simbionte nutrizionale primario nella colonizzazione dei tessuti ospiti (GUGLIUZZO *et al.*, 2020; COSTANZO *et al.*, 2025a; BENVENUTI *et al.*, 2025).

Contestualmente, *X. crassiusculus* e *X. germanus*, hanno mostrato una preoccupante capacità di espansione nell'areale Mediterraneo. Recenti indagini sulle associazioni microbiche di queste due specie hanno rivelato che

entrambe possono fungere da vettori di diverse specie fungine, tra cui *Fusarium* spp. e altri patogeni lignicoli opportunisti (OSBORN *et al.*, 2023). Inoltre, la presenza di *H. lauricola* nei micetangi di esemplari di *X. crassiusculus* ne suggerisce un potenziale coinvolgimento nella diffusione del ‘*Laurel wilt*’ negli Stati Uniti (PLOETZ *et al.*, 2017). Le infestazioni di *X. germanus* e *X. crassiusculus* sono state inoltre recentemente correlate alla potenziale trasmissione di altri funghi fitopatogeni di notevole impatto, come quelli appartenenti al genere *Ophiostoma*. In particolare, è stata ipotizzata una sinergia tra l’attività di scavo dell’insetto e la diffusione di agenti eziologici responsabili del ‘*Dutch Elm Disease*’ (CAMBRONERO-HEINRICH *et al.*, 2025a).

Nel complesso, la letteratura scientifica recente suggerisce che il successo invasivo di queste tre specie nell’areale Mediterraneo sia strettamente legato alla loro flessibilità simbiotica. Sebbene l’associazione con simbionti nutrizionali specie-specifici rimanga obbligata, la capacità di trasportare altri funghi può permettere a questi scolitidi di superare più facilmente le difese messe in atto dalle piante attaccate, soprattutto in assenza di coevoluzione.

STRATEGIE DI CONTROLLO DEGLI SCOLITIDI XILOMICETOFAGI MEDIANTE SOPPRESSIONE DEL MUTUALISMO

I recenti avanzamenti di ricerca, tra cui l’avvento di nuovi strumenti di indagine molecolare, nello studio delle relazioni simbiotiche degli scolitidi xilomicetofagi, hanno posto i presupposti per affinare le strategie di controllo che mirano alla soppressione del mutualismo con i loro funghi nutrizionali primari. Questo principio sfrutta la dipendenza trofica obbligata di questi coleotteri dai loro funghi simbionti primari, quali fonte alimentare esclusiva. A tal proposito, alcuni esempi sono rappresentati dai recenti studi volti allo studio della competizione all’interno delle gallerie scavate nello xilema tra microrganismi antagonisti (quali *Bacillus* spp. e *Trichoderma* spp.) e i funghi simbionti nutrizionali di *Xylosandrus* spp. (GUGLIZZO *et al.*, 2021, 2022). Inoltre, alcuni studi di laboratorio, semicampo e campo hanno recentemente investigato il potenziale di alcuni fungicidi sistemici di sintesi nel limitare lo sviluppo dei funghi simbionti di specie invasive di *Xylosandrus* spp. ed *Euwallacea* spp. nei tessuti xilematici, interferendo quindi indirettamente sullo sviluppo delle colonie di questi fitofagi (REVERCHON *et al.*, 2021; COSTANZO *et al.*, 2025b). Questo approccio può risultare di particolare rilevanza nei casi in cui i simbionti nutrizionali si comportano anche da fitopatogeni, diminuendo quindi l’incidenza delle lesioni necrotiche e i conseguenti sintomi di deperimento nelle piante trattate.

CONCLUSIONI

Nel complesso, appare necessario rimarcare che la ricerca sugli scolitidi xilomicetofagi invasivi richiede un approccio multidisciplinare e che lo studio delle comunità microbiche associate a questi coleotteri può offrire nuove

risposte circa la variabilità della dannosità di queste specie nelle diverse aree di invasione. Tali studi dovranno tenere conto della possibilità di applicare nuove tecniche di caratterizzazione del microbioma, quali per esempio gli approcci coltura-indipendenti (metabarcoding) e/o l’estensione dell’indagine ad altri microrganismi, che possano avere un ruolo nell’ecologia degli scolitidi xilomicetofagi. In particolare, un ruolo emergente è stato recentemente riconosciuto alle comunità di batteri associati a questi coleotteri, che merita di essere ulteriormente approfondito (CAMBRONERO-HEINRICH *et al.*, 2025b).

BIBLIOGRAFIA

- ACER S., HIZAL E., ERCAN F., 2025 – *The first report of Euwallacea fornicatus (Eichhoff, 1868) (Coleoptera: Scolytinae) in Türkiye with new reproductive host plant.* - Forestist, 75: 0020.
- BENVENUTI C., STRANGI A., SIMONI S., TOCCAFONDI P., PENNACCHIO F., TROPEA GARZIA G., GUGLIZZO A., VITALE S., LUONGO L., FRANCARDI V., BARZANTI G.P., 2025 – *A regional-scale screening of fungi associated with Xylosandrus compactus (Coleoptera Curculionidae Scolytinae) infestations on bay laurel in Italy.* - REDIA, 108: 161-171.
- BIEDERMANN P.H.W., Vega F.E., 2020 – *Ecology and evolution of insect–fungus mutualisms.* - Annu. Rev. Entomol., 65: 431-455.
- CAMBRONERO-HEINRICH J.C., Pepori A.L., Pecori F., Santoiemma G., Cavaletto G., Santini A., Rassati D., 2025a – *Microbial Interactions Support the Role of Ambrosia Beetles as Potential Vectors of Dutch Elm Disease.* - Microb. Ecol., 88: 124.
- CAMBRONERO-HEINRICH J.C., Biedermann P.H.W., Besana L., Battisti A., Rassati D., 2025b – *Bacterial communities associated with ambrosia beetles: current knowledge and existing gaps.* - Front. Microbiol., 16: 1569105.
- CLOONAN K.R., MONTGOMERY W.S., NARVAEZ T.I., CARRILLO D., KENDRA P.E., 2022 – *Community of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae) in agricultural and forest ecosystems with laurel wilt.* - Insects, 13: 971.
- COSTANZO M.B., BIEDERMANN P.H.W., RASSATI D., RUSSO A., POLIZZI G., GUGLIZZO A., 2026 – *What hides beneath the bark? Associations between phytopathogenic fungi and emerging bark beetles in the Mediterranean region.* - J. Pest Sci., 99: 38.
- COSTANZO M.B., LEONARDI G.R., GUSELLA G., TROPEA GARZIA G., BIONDI A., AIELLO D., POLIZZI G., GUGLIZZO A., 2025a – *The invasive ambrosia beetle Xylosandrus compactus as a vector of the novel fungal pathogen Thyridium lauri.* - CABI Agric. Biosci., 6: 0051.
- COSTANZO M.B., VITALE A., BIONDI A., POLIZZI G., GUGLIZZO A., 2025b – *Exploring the potential of synthetic and biological fungicides for managing the fungus-farming ambrosia beetle Xylosandrus compactus.* - PLoS One, 20: e0329063.
- CRUZ L.F., MENOCAL O., DUNLAP C., COOPERBAND M.F.,

- CLOONAN K.R., TABANCA N., CARRILLO D., 2025 – *Insights on the symbiotic associations of the tea shot hole borer (Coleoptera: Curculionidae)*. - Front. Microbiol., 16: 1589710.
- DZURENKO M., HULCR J., 2022 – *Ambrosia beetles*. - Curr. Biol., 32: R61-R62.
- EPPO, 2026a – *EPPO Alert List*. - https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list (consultato il 19.02.2026).
- EPPO, 2026b – *A2 List of pests recommended for regulation*. - https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list (consultato il 19.02.2026).
- ESKALEN A., GONZALEZ A., WANG D.H., TWIZEYIMANA M., MAYORQUIN J.S., LYNCH S.C., 2012 – *First report of a Fusarium sp. and its vector tea shot hole borer (Euwallacea fornicatus) causing Fusarium dieback on avocado in California*. - Plant Dis., 96: 1070.
- FACCOLI M., CAMPO G., PERROTTA G., RASSATI D., 2016 – *Two newly introduced tropical bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) damaging figs (Ficus carica) in southern Italy*. - Zootaxa, 4138: 189-194.
- GALLEGO D., DE DIOS M.A.G., RIBA-FLINCH J.M., GARCÍA-REINA A., GALIÁN J., MAS H., LENCINA J.L., ZAFRA M., HENARES I., RODRÍGUEZ F., ALCÁZAR M.D., KNÍŽEK M., GÓMEZ D.F., 2025 – *Euwallacea similis (Ferrari), a new ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) for the Iberian Peninsula, and new records on Euwallacea fornicatus (Eichhoff), Xyleborus bispinatus Eichhoff and Amasa parviseta Knížek & Smith*. - Zootaxa, 5673: 63-78.
- GUGLIUZZO A., AIELLO D., BIONDI A., GIURDANELLA G., SISCARO G., ZAPPALÀ L., VITALE A., TROPEA GARZIA G., POLIZZI G., 2022 – *Microbial mutualism suppression by Trichoderma and Bacillus species for controlling the invasive ambrosia beetle Xylosandrus compactus*. - Biol. Control, 170: 104929.
- GUGLIUZZO A., BIEDERMANN P.H.W., CARRILLO D., CASTRILLO L.A., EGONYU J.P., GALLEGO D., HADDI K., HULCR J., JACTEL H., KAJIMURA H., KAMATA N., MEURISSE N., LI Y., OLIVER J.B., RANGER C.M., RASSATI D., STELINSKI L.L., SUTHERLAND R., TROPEA GARZIA G., WRIGHT M.G., BIONDI A., 2021 – *Recent advances toward the sustainable management of invasive Xylosandrus ambrosia beetles*. - J. Pest Sci., 94: 615-637.
- GUGLIUZZO A., CRISCIONE G., BIONDI A., AIELLO D., VITALE A., POLIZZI G., TROPEA GARZIA G., 2020 – *Seasonal changes in population structure of the ambrosia beetle Xylosandrus compactus and its associated fungi in a southern Mediterranean environment*. - PLoS One, 15: e0239011.
- GUGLIUZZO A., KREUZWIESER J., RANGER C.M., TROPEA GARZIA G., BIONDI A., BIEDERMANN P.H.W., 2023 – *Volatiles of fungal cultivars act as cues for host-selection in the fungus-farming ambrosia beetle Xylosandrus germanus*. - Front. Microbiol., 14: 1151078.
- HARRINGTON T.C., YUN H.Y., LU S.S., GOTO H., AGHAYEVA D.N., FRAEDRICH S.W., 2011 – *Isolations from the redbay ambrosia beetle, Xyleborus glabratus, confirm that the laurel wilt pathogen, Raffaelea lauricola, originated in Asia*. - Mycologia, 103: 1028-1036.
- HUGHES M.A., SMITH J.A., PLOETZ R.C., KENDRA P.E., MAYFIELD A.E., HANULA J.L., HULCR J., SMITH J.J., STELINSKI L.L., PEÑA J.E., CARRILLO D., CAMPBELL A.J., DUNCAN K.P., LOEPPERT P.N., PERNAS T., 2015 – *Recovery plan for laurel wilt on redbay and other forest species caused by Raffaelea lauricola and disseminated by Xyleborus glabratus*. - Plant Health Prog., 16: 173-210.
- HULCR J., STELINSKI L.L., 2017 – *The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management*. - Annu. Rev. Entomol., 62: 285-303.
- MAYERS C.G., HARRINGTON T.C., BIEDERMANN P.H.W., 2022 – *Mycangia define the diverse ambrosia beetle-fungus symbioses*. In: The convergent evolution of agriculture in humans and insects, pp. 105-142.
- MENDEL Z., LYNCH S.C., ESKALEN A., PROTASOV A., MAYMON M., FREEMAN S., 2021 – *What determines host range and reproductive performance of an invasive ambrosia beetle Euwallacea fornicatus; lessons from Israel and California*. - Front. For. Glob. Change, 4: 654702.
- MENOCAL O., CRUZ L.F., KENDRA P.E., BERTO M., CARRILLO D., 2023 – *Flexibility in the ambrosia symbiosis of Xyleborus bispinatus*. - Front. Microbiol., 14: 1110474.
- NPPO of Germany, 2025 – *Update on the situation of Euwallacea fornicatus sensu lato in Germany (2025-07, 2025-08)*. - <https://gd.eppo.int/reporting/article-8209> (consultato il 19.02.2026).
- O'DONNELL K., LIBESKIND-HADAS R., HULCR J., BATEMAN C., KASSON M.T., PLOETZ R.C., KONKOL J.L., CARRILLO D., CAMPBELL D., DUNCAN R.E., LOEPPERT P.N., HOCHHALTER M., ROONEY A.P., 2016 – *Invasive Asian Fusarium-Euwallacea ambrosia beetle mutualists pose a serious threat to forests, urban landscapes and the avocado industry*. - Phytoparasitica, 44: 435-442.
- OSBORN R.K., CASTRO J., DUONG T.A., HULCR J., LI Y., MARTÍNEZ M., COGNATO A.I., 2023 – *Symbiotic fungi associated with xyleborine ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and the imperative of global collaboration*. - Ann. Entomol. Soc. Am., 116: 51-71.
- PLOETZ R.C., KONKOL J.L., NARVAEZ T., DUNCAN R.E., SAUCEDO R.J., CAMPBELL A., PEÑA J.L., CARRILLO D., KENDRA P.E., 2017 – *Presence and prevalence of Raffaelea lauricola, cause of laurel wilt, in different species of ambrosia beetle in Florida, USA*. - J. Econ. Entomol., 110: 347-354.
- RAFFA K.F., 2014 – *Terpenes tell different tales at different scales: glimpses into the chemical ecology of conifer-bark beetle-microbial interactions*. - J. Chem. Ecol., 40: 1-20.
- RANGER C.M., REDING M.E., SCHULTZ P.B., OLIVER J.B., FRANK S.D., ADDESSO K.M., CHONG J.H., SAMPSON B., WERLE C., HERMS D.A., KRAUSE C., 2016 – *Biology, ecology, and management of nonnative ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in*

- ornamental plant nurseries*. - J. Integrated Pest Manage., 7: 9.
- RASSATI D., FACCOLI M., BATTISTI A., MARINI L., 2016a – *Habitat and climatic preferences drive invasions of non-native ambrosia beetles in deciduous temperate forests*. - Biol. Invasions, 18: 2809-2821.
- RASSATI D., LIEUTIER F., FACCOLI M., 2016b – *Alien wood-boring beetles in Mediterranean regions*. In: Insects and diseases of Mediterranean forest systems, Springer International Publishing, Cham, pp. 293-327.
- REVERCHON F., CONTRERAS-RAMOS S.M., ESKALEN A., GUERRERO-ANALCO J.A., QUIÑONES-AGUILAR E.E., RIOS-VELASCO C., VELÁZQUEZ-FERNÁNDEZ J.B., 2021 – *Microbial biocontrol strategies for ambrosia beetles and their associated phytopathogenic fungi*. - Front. Sustain. Food Syst., 5: 737977.
- RIBA-FLINCH J.M., GARRETA A., AYMAMÍ A., LUMBIERRES B., MAS H., GALLEGU D., 2022 – *Current status and first detection of Xylosandrus germanus (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in live trees in the Iberian Peninsula*. - EPPO Bull., 52: 463-470.
- SCHULER H., WITKOWSKI R., VAN DE VOSSENBERG B., HOPPE B., MITTELBACH M., BUKOVINSZKI T., BATTISTI A., 2023 – *Recent invasion and eradication of two members of the Euwallacea fornicatus species complex (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) from tropical greenhouses in Europe*. - Biol. Invasions, 25: 299-307.
- SIX D.L., HAMMERBACHER A., TROWBRIDGE A., BULLINGTON L., 2026 – *From beginning to end: the synecology of tree-killing bark beetles, fungi, and trees*. - Biol. Rev., 101: 314-335.
- TOCCAFONDI P., VITALE S., RIZZO D., LUONGO L., BINAZZI F., GARAGUSO I., BENVENUTI C., MERCURI I., RESTA E., PENNACCHIO F., 2025 – *First report in Europe of Euwallacea similis (Ferrari) (Coleoptera Curculionidae Scolytinae Xyleborini)*. - REDIA, 108: 83-89.

BUPRESTIDI E CERAMBICIDI ESOTICI: NUOVE TECNOLOGIE DI INTERCETTAZIONE E IDENTIFICAZIONE

DAVIDE RASSATI^a, LAURA BESANA^a, VALERIO CARUSO^a, GIACOMO CVALETTTO^a,
PIERFILIPPO CERRETTI^b, GIACOMO SANTOIEEMMA^a

^aDipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università, 16 – 35020, Legnaro, Padova

^bDipartimento di Biologia e Biotecnologie "Charles Darwin", Sapienza Università di Roma, Roma

* Corresponding author: Davide Rassati; E-mail: davide.rassati@unipd.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive". Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

Innovative approaches for the early-detection and identification of exotic longhorn and jewel beetles

The increase in global trade has heightened the risk of introductions of non-native xylophagous beetles, particularly Cerambycidae and Buprestidae, highlighting the need for more effective phytosanitary surveillance. The first presented study investigated the potential of multi-colored traps combined with multi-attractant lures to improve multi-species detection while reducing trapping effort. Field trials across multiple regions showed that trap performance varied among cerambycid subfamilies, with multi-colored traps being particularly effective for most taxa. In parallel, we evaluated the Entomoscope, a low-cost AI-based imaging system, for automated identification of *Agrilus* species under realistic surveillance conditions. The system achieved high accuracy and reliably detected high-priority non-native species, demonstrating its potential to enhance early detection programs.

KEY WORDS: *Agrilus*, Buprestidae, Cerambycidae, trapping, surveillance

INTRODUZIONE

L'aumento costante del commercio globale negli ultimi decenni ha determinato un numero crescente di insetti esotici trasportati al di fuori del loro areale di origine. Questa tendenza emerge chiaramente tra gli insetti xilofagi, in particolare i cerambicidi (Coleoptera: Cerambycidae) e i buprestidi (Coleoptera: Buprestidae) (EYRE e HAACK 2017; RUZZIER *et al.*, 2023), che possono essere accidentalmente introdotti in un nuovo areale tramite materiali di imballaggio in legno, tronchi, legno lavorato e piante vive da vivaio (MEURISSE *et al.*, 2019). Una volta introdotti, questi insetti possono diventare invasivi, con rilevanti impatti economici, ecologici e sociali in ambiente urbano e naturale. Ad esempio, *Agrilus planipennis* Fairmaire e *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) figurano tra le prime dieci specie invasive per costi di gestione post-invasione e sono considerati tra gli insetti non nativi con il maggiore impatto economico al mondo (CUTHBERT *et al.*, 2022). Per questi motivi, a livello globale sono stati realizzati significativi investimenti finalizzati a ridurre il tasso di arrivo e di insediamento dei coleotteri xilofagi non nativi mediante misure di sorveglianza fitosanitaria più efficaci (NAHRUNG *et al.*, 2023), comprese strategie e strumenti per l'intercettazione precoce delle specie non

native in prossimità dei punti di ingresso e per una successiva identificazione rapida degli individui catturati.

SVILUPPO DI TRAPPOLE MULTICOLORE

Tra i vari approcci sviluppati, le trappole dotate di attrattivi rappresentano uno degli strumenti più comuni per il monitoraggio dei cerambicidi e dei buprestidi nativi ed esotici (RASSATI *et al.*, 2015; EYRE e HAACK, 2017). Negli ultimi decenni, l'efficacia di queste trappole è stata notevolmente migliorata grazie ai progressi nella conoscenza dell'ecologia chimica di questi insetti a livello globale. Studi recenti hanno portato allo sviluppo di miscele multi-attrattivo che combinano feromoni e volatili delle piante ospiti, utilizzabili come strumenti generici per attrarre più specie contemporaneamente (FAN *et al.*, 2019; RASSATI *et al.*, 2019; ROQUES *et al.*, 2023; SANTOIEEMMA *et al.*, 2024, 2025). Sulla scia di queste innovazioni è stato ipotizzato che lo stesso approccio potesse essere applicato anche alla combinazione di stimoli visivi multipli, attraverso la realizzazione di trappole multicolore in grado di incrementare ulteriormente l'efficacia di cattura. Negli ultimi anni un numero crescente di studi ha infatti evidenziato l'importanza del colore delle trappole nel determinare la loro attrattività per i coleotteri buprestidi e cerambicidi (DODDS

et al., 2024). Nei coleotteri cerambicidi le trappole nere, che imitano la silhouette e la colorazione scura degli alberi ospiti, risultano preferite da alcune specie rispetto a trappole di altri colori (DE GROOT e NOTT, 2001; KERR *et al.*, 2017; CAVALETTO *et al.*, 2021), ma si rivelano meno efficaci per altre. Ad esempio, alcuni cerambicidi floricoli appartenenti alle sottofamiglie Lepturinae e Cerambycinae mostrano una preferenza per colori tipici dei fiori, come il blu, il bianco o il giallo (TOSHOVA *et al.*, 2016; CAVALETTO *et al.*, 2021; BESANA *et al.*, 2025). Analogamente, alcune specie di cerambicidi caratterizzate da pattern di colorazione aposematica risultano maggiormente attratte da trappole che riproducono il colore delle strisce presenti sulle elitre (ad esempio il giallo) piuttosto che da trappole nere (BESANA *et al.*, 2025). Ciò suggerisce che i programmi di monitoraggio o sorveglianza dei cerambicidi non dovrebbero basarsi su un unico colore di trappola, ma dovrebbero piuttosto prevedere l'impiego simultaneo di trappole di colori diversi nello stesso sito. Tuttavia, tale strategia si scontra con considerazioni pratiche legate ai costi e allo sforzo operativo derivanti dall'utilizzo di un numero maggiore di trappole. La combinazione di più colori all'interno della stessa trappola potrebbe rappresentare una possibile soluzione a questa limitazione.

L'efficacia delle trappole multicolore è stata valutata da uno studio condotto nel 2024 in sette siti distribuiti su due continenti: Europa (Polonia, Francia e Italia – Sicilia e Veneto) e Nord America (Stati Uniti – Ohio e Massachusetts, e Canada – New Brunswick) (BESANA *et al.*, 2026). In ciascun sito, cinque diversi tipi di trappola sono stati replicati da 5 a 8 volte utilizzando un disegno sperimentale a blocchi randomizzati. Le trappole sono state sospese a un'altezza compresa tra 4 e 12 m dal suolo, così da intercettare sia le specie che vivono nella chioma degli alberi sia quelle che volano più vicino al terreno (SHEEHAN *et al.*, 2019). In ciascun sito, le trappole sono state ruotate a ogni controllo per eliminare possibili effetti di posizionamento, in modo che ciascun colore occupasse tutte le posizioni all'interno di ogni blocco nel corso dell'esperimento.

Tra i risultati più rilevanti emerge una differente efficacia delle trappole multicolore tra le diverse sottofamiglie. Nel caso dei Cerambycinae le trappole multicolore hanno catturato un numero simile di specie e di individui rispetto alle trappole nere, rosse e/o gialle in diversi siti (Fig. 1). La risposta osservata riflette l'elevata diversità bio-ecologica della sottofamiglia (MONNÉ *et al.*, 2017; RASSATI *et al.*, 2021) oltre a preferenze cromatiche specie-specifiche spesso marcate (CAVALETTO *et al.*, 2021; BESANA *et al.*, 2025). L'integrazione di più colori in una singola trappola può quindi aumentare la probabilità di intercettare specie con differenti preferenze cromatiche, incrementando l'efficacia complessiva del campionamento. Per i Lamiinae, il vantaggio delle trappole multicolore è risultato altrettanto evidente (Fig. 1): il numero di specie è stato superiore rispetto alle trappole monocromatiche in un solo caso, mentre il numero di individui è risultato significativamente maggiore soltanto in due siti. Sebbene molte specie di Lamiinae siano crepuscolari o notturne (MONNÉ *et al.*, 2017),

alcune utilizzano segnali visivi nel riconoscimento del partner e mostrano preferenze per specifici colori (FUKAYA *et al.*, 2004; CAVALETTO *et al.*, 2021). La presenza di colori poco attrattivi, come il giallo, potrebbe aver limitato l'efficacia delle trappole multicolore per questa sottofamiglia, pur senza ridurne significativamente l'attrattività complessiva. Per i Lepturinae, le trappole multicolore sono risultate generalmente più efficaci rispetto alle trappole nere o rosse, ma meno efficaci rispetto a quelle bianche (Fig. 1).

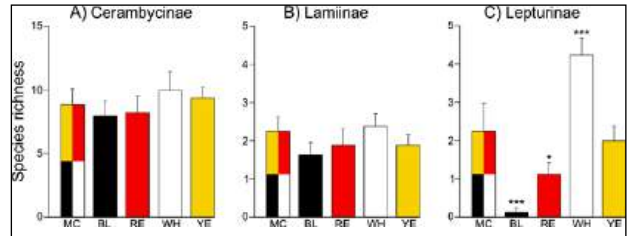


Fig. 1 – Numero di specie (+ errore standard) catturate, in alcuni siti di studio, dalle trappole multicolore rispetto a quelle monocromatiche per i Cerambycinae (A), i Lamiinae (B) e i Lepturinae (C). MC = multicolore; BL = nero; RE = rosso; WH = bianco; YE = giallo. All'interno di ciascun grafico, le trappole monocromatiche che hanno catturato un numero medio di specie significativamente diverso rispetto alle trappole multicolore sono indicate con uno o più asterischi in base al P-value: *** = $P < 0.001$; ** = $0.001 < P < 0.01$; * = $0.01 < P < 0.05$.

Considerando che i Lepturinae sono tipicamente floricoli (MONNÉ *et al.*, 2017) e che nel presente studio non sono stati utilizzati feromoni specifici per questa sottofamiglia, è probabile che la risposta sia stata fortemente influenzata da segnali visivi associati ai fiori, in particolare ai colori chiari come il bianco e il giallo. La minore efficacia delle trappole multicolore rispetto a quelle bianche può essere spiegata sia dalla ridotta superficie bianca, che ne diminuisce la visibilità a distanza, sia dall'effetto potenzialmente deterrente di colori come il nero o il rosso.

SVILUPPO DI SISTEMI DI IDENTIFICAZIONE AUTOMATICA DELLE CATTURE

Nonostante il chiaro vantaggio di utilizzare trappole in grado di attrarre molte specie contemporaneamente, questo approccio richiede molto tempo e competenze specialistiche per smistare e identificare gli esemplari catturati a livello di specie, ostacolando di conseguenza la possibilità di identificare rapidamente specie non native appena introdotte (LYAL e MILLER, 2020). Per questo motivo, risulta prioritario sviluppare nuove tecnologie in grado di aumentare l'efficienza nell'identificazione delle specie. A tal proposito, i sistemi di intelligenza artificiale (IA) vengono sempre più adottati in entomologia per diverse applicazioni (TEIXEIRA *et al.*, 2023). Tra queste, l'IA viene utilizzata per aumentare l'accuratezza e la velocità nell'identificazione degli insetti sia in laboratorio sia in campo (GAO *et al.*, 2024; HARTBAUER, 2024). Le reti neurali convoluzionali (CNN), addestrate su dataset di immagini, si sono dimostrate in grado di classificare in modo affidabile gli insetti a livello di famiglia, genere o persino specie (WÜHRL *et al.*,

2022; TANNOUS *et al.*, 2023; MARAIS *et al.*, 2025). Sfruttare questa tecnologia nelle attività di sorveglianza richiederebbe, tuttavia, che laboratori e ispettori fitosanitari siano dotati di un dispositivo facile da usare, in grado di scattare immagini degli esemplari catturati e di identificarli automaticamente fino al livello di specie con un basso margine di errore. L'Entomoscope, recentemente sviluppato dal Karlsruhe Institute of Technology (KIT) (WÜHRL *et al.*, 2024), potrebbe soddisfare queste esigenze. Si tratta di un fotomicroscopio open-source a basso costo, basato su imaging digitale ad alta risoluzione, che consente a una CNN pre-addestrata di rilevare, fotografare e classificare accuratamente gli insetti catturati (WÜHRL *et al.*, 2024). Finora, l'Entomoscope è stato testato su un numero limitato di taxa, tra i quali le vespe parassitoidi (SHIRALI *et al.*, 2024), ma il suo potenziale impiego nella sorveglianza fitosanitaria di insetti del legno non era ancora stato valutato.

In un recente studio si è valutata l'efficacia dell'Entomoscope (Fig. 2A) per l'identificazione di esemplari di specie appartenenti al genere *Agrilus*. Ci si è concentrati in particolare sulla robustezza del modello per un impiego “nel mondo reale”, valutandone le prestazioni di identificazione su dati che riproducono i reali processi di sorveglianza fitosanitaria, in cui gli esemplari catturati sono acquisiti e mantenuti in condizioni realistiche di illuminazione e manipolazione da parte degli operatori (CARUSO *et al.*, 2026). Il dataset utilizzato includeva esemplari di 13 specie di *Agrilus*, tra cui 11 specie native dell'Europa e due specie non native di rilevante interesse fitosanitario: *A. planipennis* (originaria dell'Asia) e *A. anxius* Gory (originaria del Nord America). Le specie native sono state selezionate perché comunemente catturate negli studi di trappolaggio condotti in Europa su *Agrilus* spp. (SANTOIEMMA *et al.*, 2024, 2025), mentre le specie non native sono state incluse in quanto soggette a regolamentazione secondo la legislazione dell'Unione Europea e la loro sorveglianza è obbligatoria nei Paesi UE ai sensi del Regolamento (UE) 2019/2072. Gli esemplari sono stati raccolti in Canada, Francia, Polonia e Slovenia, utilizzando trappole *multi-funnel* di colore verde. Per simulare le condizioni realistiche di sorveglianza, gli esemplari non sono stati manipolati o riposizionati (se

non minimamente per l'identificazione) e sono stati fotografati nel loro stato naturale di conservazione (“posizione di morte”), senza distinzione di sesso. Ogni esemplare è stato fotografato da 2 a 5 punti di vista standard, dorsale, laterodorsale, laterale, lateroventrale e ventrale, per garantire una copertura morfologica completa. Al fine di ridurre distorsioni dovute alla rifrazione della luce, gli esemplari sono stati immersi in etanolo 70% e le immagini sono state acquisite con illuminazione a intensità standard. Per ottenere immagini completamente a fuoco per ciascun angolo è stata applicata la tecnica del *focus stacking*. Dopo l'addestramento della CNN, si è andati a valutare la capacità del modello di identificare le specie di *Agrilus* incluse nel training, oltre a due specie aggiuntive non presenti nei dati di addestramento.

Il modello di riconoscimento sviluppato ha raggiunto in media il 90.2% di accuratezza, testimoniando l'efficacia complessiva del metodo. L'identificazione senza errori delle due specie non native *A. planipennis* e *A. anxius* inoltre ne evidenzia il valore immediato per gli ispettori fitosanitari e i laboratori di riferimento. Questo sistema potrebbe essere impiegato per analizzare autonomamente migliaia di esemplari, scartando le immagini appartenenti a specie native comuni e segnalando solo quelle identificate come appartenenti a specie ad alta priorità, per la successiva revisione da parte di esperti tassonomi o per essere sottoposti ad analisi molecolari. Tuttavia, il modello di riconoscimento non si è dimostrato infallibile nel momento in cui doveva discriminare tra alcune specie native, in particolare *A. hastulifer* e *A. pratensis*. Ciò risulta sorprendente, poiché queste specie sono facilmente distinguibili con approcci tassonomici classici. La causa potrebbe risiedere nei caratteri utilizzati dal modello (Fig 2B), diversi da quelli su cui si basano gli approcci morfologici. I risultati hanno inoltre evidenziato la capacità del modello sviluppato di identificare correttamente immagini appartenenti a specie non utilizzate per il training come “sconosciute”. Questa capacità del modello di distinguere tra specie conosciute e sconosciute può segnalare al personale fitosanitario la possibile presenza di una specie non nativa, che dovrà essere successivamente verificata mediante approcci tassonomici classici o molecolari.

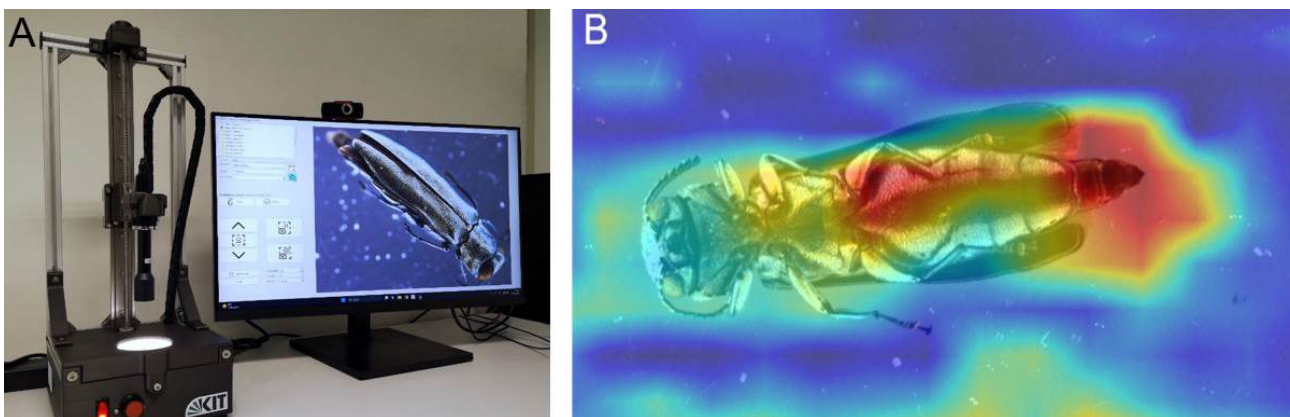


Fig. 2 – Immagine dell'Entomoscope utilizzato per testare l'identificazione automatica delle specie di *Agrilus* catturate nelle trappole (A) ed esempio dei caratteri visivi utilizzati dalle reti neurali convoluzionali per il riconoscimento delle specie (dal rosso = alta influenza, al blu = bassa influenza).

CONCLUSIONI

L'impiego di trappole multicolore, attivate mediante miscele multi-attrattivo, accoppiate a sistemi automatizzati per l'identificazione delle specie catturate, rappresenta un potenziale miglioramento rispetto agli attuali sistemi di sorveglianza fitosanitaria. Per quanto riguarda le trappole, un aspetto che richiede ulteriori indagini riguarda l'impatto delle trappole multicolore sui taxa non bersaglio. Qualora esse comportassero una riduzione delle catture accidentali di insetti utili rispetto alle trappole monocolori, ciò ne rafforzerebbe l'impiego nei programmi di monitoraggio e di individuazione precoce. Sarebbe inoltre opportuno valutare l'integrazione di ulteriori colori in una singola trappola, oppure la sostituzione di alcuni di quelli testati con altri noti per la loro attrattività verso differenti taxa di coleotteri. In questo contesto, la tonalità di verde comunemente utilizzata per il monitoraggio delle specie di *Agrilus* potrebbe rappresentare una valida alternativa. Per quanto riguarda l'Entomoscope, l'addestramento del modello su un numero maggiore di specie, includendo anche specie appartenenti ad altri generi o famiglie (ad esempio i cerambycidi), potrebbe rendere questo approccio ancora più valido, aumentandone l'applicabilità nell'ambito della sorveglianza fitosanitaria.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato finanziato dal progetto “Improving Forest Insect Biosecurity in an era of globalization – FORBIO”, sostenuto dall'Unione Europea – Next Generation EU, Missione 4, Componente 1, CUP C53D23009620001 e B53D23032040001, e parzialmente dal programma di ricerca e innovazione Horizon Europe dell'Unione Europea nell'ambito del grant agreement n. 101134200 “FORSAID: Forest surveillance with artificial intelligence and digital technologies”.

BIBLIOGRAFIA

- BESANA L., SANTOIEMMA G., CAVALETTO G., MORGANTE G., SWEENEY J.D., JOHNS R., SPAETHE J., VAN DER KOOI C.J., VAN ROOYEN K., GUTOWSKI J.M., PLEWA R., RASSATI D., 2025 – *Visual stimuli displayed on traps enhance attraction of longhorn beetles*. - J. Pest Sci., 98: 2007–2020.
- BESANA L., SANTOIEMMA G., BIONDI A., BOOTH E.G., CAVALETTO G., CARUSO V., DEVINE S.M., FRANCESE J.A., FRANZEN E., GUGLIUZZO A., GUTOWSKI J.M., JOHNS R., OWENS E., PLEWA R., RAY A.M., ROQUES A., SUČKO K., VAN DER KOOI C.J., RASSATI D., 2026 – *Multi-colored traps can enhance monitoring programs for native and non-native longhorn beetles in forest ecosystems*. - For. Ecol. Manag., 601: 123365.
- CAVALETTO G., FACCOLI M., MARINI L., SPAETHE J., GIANNONE F., MOINO S., RASSATI D., 2021 – *Exploiting trap color to improve surveys of longhorn beetles*. - J. Pest Sci., 94: 871–883.
- CARUSO V., SHIRALI H., BOUGET C., CERRETTI P., CURLETTI G., DE GROOT M., GROZNIK E., GUTOWSKI J.M., PYLATIUK C., PLEWA R., ROQUES A., SALLÉ A., SWEENEY J., VAN ROOYEN K., WÜHRL L., RASSATI D., 2026 – *Image-based recognition using advanced neural networks can aid surveillance of Agrilus jewel beetles*. - Neobiota, 105: 319–336.
- CUTHBERT R., DIAGNE C., HUDGINS E.J., TURBELIN A., AHMED D.A., ALBERT C., BODEY T.W., BRISKI E., ESSL F., HAUBROCK P.J., GOZLAN R.E., KIRICHENKO N., KOURANTIDOU M., KRAMER A.M., COURCHAMP, F., 2022 – *Biological invasion costs reveal insufficient proactive management worldwide*. - Sci. Total Environ., 819: 153404.
- DE GROOT P., NOTT R., 2001 – *Evaluation of traps of six different designs to capture pine sawyer beetles (Coleoptera: Scolytidae)*. - Agric. For. Entomol., 3: 107–111.
- DODDS, K.J., SWEENEY, J., FRANCESE, J.A., BESANA, L., RASSATI, D., 2024 – *Factors affecting catches of bark beetles and woodboring beetles in traps*. - J. Pest Sci., 97: 1767–1793.
- EYRE D., HAACK R.A., 2017 – *Invasive cerambycid pests and biosecurity measures*. In: Cerambycidae of the world: biology and pest management, Wang Q. Ed., CRC Press, Boca Raton, pp 563–618.
- FAN J.T., DENUX O., COURTIN C., BERNARD A., JAVAL M., MILLAR J.G., HANKS L.M., ROQUES A., 2019 – *Multi-component blends for trapping native and exotic longhorn beetles at potential points-of-entry and in forests*. - J. Pest Sci. 92, 281–297.
- FUKAYA M., AKINO T., YASUDA T., YASUI H., WAKAMURA S., 2004 – *Visual and olfactory cues for mate orientation behaviour in male whitespotted longicorn beetle, Anoplophora malasiaca*. - Entomol. Exp. Appl., 111: 111–115.
- GAO Y., XUE X., QIN G., LI K., LIU J., ZHANG Y., LI X., 2024 – *Application of machine learning in automatic image identification of insects-a review*. - Ecol. Inform., 80: 102539.
- HARTBAUER M., 2024 – *Artificial neuronal networks are revolutionizing entomological research*. - J. Appl. Entomol., 148: 232–251.
- KERR J.L., KELLY D., BADER M.K.F., BROCKERHOFF E.G., 2017 – *Olfactory cues, visual cues, and semiochemical diversity interact during host location by invasive forest beetles*. - J. Chem. Ecol., 43: 17–25.
- LYAL C.H., MILLER S.E., 2020 – *Capacity of United States federal government and its partners to rapidly and accurately report the identity (taxonomy) of non-native organisms intercepted in early detection programs*. - Biol. Invasions, 22: 101–127.
- IMREI Z., KOVATS Z., TOSHOVA T.B., SUBCHEV M., HARMINCZ K., SZARUKAN I., DOMINGUE M.J., TOTTH M., 2014 – *Development of a trap combining visual and chemical cues for the alfalfa longhorn beetle, Plagionotus floralis*. - Bull. Insect., 67: 161–166.
- MARAIS G.C., STRATTON I.C., JOHNSON A.J., HULCR J., 2025 – *Progress in developing a bark beetle identification tool*. - PLoS One, 20: e0310716.

- MEURISSE N., RASSATI D., HURLEY B.P., BROCKERHOFF E.G., HAACK R.A., 2019 – *Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically*. - J. Pest Sci., 92: 13–27.
- MONNÉ M.L., MONNÉ M.A., WANG Q., 2017 – *General morphology, classification, and biology of Cerambycidae*. In: *Cerambycidae of the world: biology and pest management*, Wang, Q. Ed., CRC Press, Boca Raton, pp. 1–70.
- NAHRUNG H.F., LIEBHOLD A.M., BROCKERHOFF E.G., RASSATI D., 2023 – *Forest insect biosecurity: processes, patterns, predictions, and pitfalls*. - Annu. Rev. Entomol., 68: 211–229.
- RASSATI D., FACCOLI M., PETRUCCO TOFFOLO E., BATTISTI A., MARINI L., 2015 – *Improving the early detection of alien wood-boring beetles in ports and surrounding forests*. - J. Appl. Ecol., 52: 50–58.
- RASSATI D., MARINI L., MARCHIORO M., RAPUZZI P., MAGNANI G., POLONI R., DI GIOVANNI F., MAYO P., SWEENEY J., 2019 – *Developing trapping protocols for wood-boring beetles associated with broadleaf trees*. - J. Pest Sci., 92: 267–279.
- RASSATI D., MARCHIORO M., FLAHERTY L., POLONI R., EDWARDS S., FACCOLI M., SWEENEY J., 2021 – *Response of native and exotic longhorn beetles to common pheromone components provides partial support for the pheromone-free space hypothesis*. - Insect Sci., 28: 793–810.
- ROQUE, A., REN, L., RASSATI D., SHI, J., AKULOV E., AUDSLEY N., AUGER-ROZENBERG M-A., et al., 2023 – *Worldwide tests of generic attractants, a promising tool for early detection of nonnative cerambycid species*. - NeoBiota, 84: 169–209.
- RUZZIER E., HAACK R.A., CURLETTI G., ROQUES A., VOLKOVITSH M.G., BATTISTI A. 2023 – *Jewels on the go: exotic buprestid around the world (Coleoptera: Buprestidae)*. - NeoBiota, 84: 107–135.
- SANTOIEEMMA G., BATTISTI A., COURTIN C., CURLETTI G., FACCOLI M., FEDDERN N., FRANCESE J., FRANZEN E.K.L., GIANNONE F., GOSSNER M.M., KOSTANOWICZ C., MARCHIORO M., NARDI D., RAY A.M., ROQUES A., SWEENEY J., VAN ROOYEN K., WEBSTER V., RASSATI D., 2024 – *Testing a trapping protocol for generic surveillance of wood-boring beetles in heterogeneous landscapes*. - NeoBiota, 95: 77–95.
- SANTOIEEMMA, G., SWEENEY J., BOOTH E.G., CAVALETTO G., CURLETTI G., DEVINE S.M., FRANCESE J.A., FRANZEN E.K.L., GIANNONE F., GIASSON M., GUTOWSKI J.M., HUGHES C., KIMOTO T., KOSTANOWICZ C., MOKRZYCKI T., PLEWA R., RAY A.M., QINGFAN M., WILLIAMS D., YAN L., RASSATI D., 2025 – *Efficacy of unbaited and baited green multi-funnel traps for detection of Agrilus species and other wood-boring beetle taxa*. - J. Pest Sci., 98: 1317–1333.
- SHEEHAN T.N., ULYSHEN M.D., HORN S., HOEBEKE E.R., 2019 – *Vertical and horizontal distribution of bark and woodboring beetles by feeding guild: is there an optimal trap location for detection?* - J. Pest Sci., 92: 327–341.
- SHIRALI H., HÜBNER J., BOTH R., RAUPACH M., REISCHL M., SCHMIDT S., PYLATIUK C., 2024 – *Image-based recognition of parasitoid wasps using advanced neural networks*. - Invertebr. Syst. 38: IS24011.
- SUKOVATA L., DZIUK A., PLEWA R., JAWORSKI T., 2022 – *The effect of trap color on catches of Monochamus galloprovincialis and three most numerous non-target insect species*. - Insects, 13: 220.
- TANNOUS M., STEFANINI C., ROMANO D., 2023 – *A deep-learning-based detection approach for the identification of insect species of economic importance*. - Insects 14: 148.
- TEIXEIRA A.C., RIBEIRO J., MORAIS R., SOUSA J.J., CUNHA A., 2023 – *A systematic review on automatic insect detection using deep learning*. - Agriculture 13: 713.
- TOSHOVA T.B., SUBCHEV M., ABAEV V., VUTS J., IMREI Z., KOCZOR S., GALLI Z., VAN DE VEN R., TOTH M., 2016 – *Responses of Pseudovadonia livida adults to olfactory and visual cues*. - Bull. Insectology, 69: 161–172.
- WÜHRL L., PYLATIUK C., GIERSCHE M., LAPP F., VON RINTELEN T., BALKE M., SCHIMDT S., CERRETTI P., MEIER R., 2022 – *DiversityScanner: robotic handling of small invertebrates with machine learning methods*. - Mol. Ecol. Res., 22: 1626–1638.
- WÜHRL L., RETTENBERGER L., MEIER R., HARTOP E., GRAF J., PYLATIUK C., 2024 – *Entomoscope: an open-source photomicroscope for biodiversity discovery*. - IEEE Access, 12: 11785–11794.

CORYTHUCHA ARCUATA (HEMIPTERA: TINGIDAE) IN TOSCANA: AGGIORNAMENTI E PROSPETTIVE

MATTEO BRACALINI - TIZIANA PANZAVOLTA

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università degli Studi di Firenze, via Maragliano 77, 50144 Firenze, Italia; E-mail: matteo.bracalini@unifi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

Corythucha arcuata (Hemiptera: Tingidae) in Tuscany: updates and perspectives

The oak lace bug (OLB), *Corythucha arcuata* (Say), is an invasive Nearctic species that has rapidly spread across Europe since its first record in Northern Italy in 2000. This contribution provides an update on its status in Tuscany, based on surveys initiated in 2021 and recent monitoring. The insect is now established in most Tuscan provinces, showing a preference for urban environments due to human-mediated passive transport. While its expansion into forested areas appears slower in Central Italy compared to Northern and Central Europe, recent data confirm a progressive movement from forest margins to the interior. Recent predictive models suggest that while Central Italy remains near the southern limit of its potential distribution, a significant northward expansion is expected by 2100. The ecological implications, including its role in oak decline and interactions with plant pathogens as well as native entomofauna, are discussed alongside potential management strategies such as biological control and endotherapy.

KEY WORDS: *Quercus*, invasive species, distribution models, forest health, oak decline.

INTRODUZIONE

L'introduzione di artropodi alieni in Europa è aumentata in modo allarmante negli ultimi decenni, con una media di circa 19,6 nuove specie registrate all'anno tra il 2000 e il 2008. Questo incremento è strettamente legato all'arrivo di specie fitofaghe, trainato dall'esplosione del commercio internazionale di piante ornamentali, infatti il 28.7% di tutti gli insetti alieni presenti in Europa è legato a piante arboree (ROQUES, 2010; PAULIN *et al.*, 2020). All'interno della componente fitofaga, gli Emitteri risultano predominanti. La loro prevalenza è dovuta alla facilità con cui vengono trasportati con il materiale vegetale e alla loro capacità di sfuggire alle intercettazioni fitosanitarie alle frontiere grazie alle *dimensioni* ridotte e alle abitudini criptiche (ROQUES *et al.*, 2020). In questo contesto, la tingide americana della quercia, *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera: Tingidae), rappresenta un fitomizo esotico di rilevante interesse per gli ecosistemi forestali a dominanza di querce decidue. Originaria del Nord America (Stati Uniti orientali e Canada meridionale), la specie è stata segnalata per la prima volta in Europa nel 2000, in Nord Italia (BERNARDINELLI e ZANDIGIACOMO, 2000). Da allora, la tingide americana della quercia ha colonizzato rapidamente 25 paesi europei, interessando oltre 1,7 milioni di ettari di foreste, in particolare nella regione balcanica e in Russia (PAULIN *et al.*, 2020).

In Toscana, la prima segnalazione ufficiale è avvenuta circa vent'anni dopo il primo record italiano. Un'indagine estensiva condotta nel 2021 dagli autori in collaborazione con il Servizio Fitosanitario Regionale ha rivelato una diffusione già capillare, suggerendo che l'ingresso della specie nel territorio regionale fosse antecedente alla sua formale scoperta (BRACALINI *et al.*, 2023). Il presente contributo intende aggiornare il quadro conoscitivo sulla distribuzione di *C. arcuata* in Toscana, analizzare le dinamiche di espansione verso gli ambienti forestali e discutere le prospettive evolutive alla luce dei recenti modelli previsionali.

Corythucha arcuata presenta forti similitudini morfologiche con la congenere *C. ciliata* (Say), tingide americana del platano ormai presente in Italia da circa 60 anni. L'adulto di *C. arcuata* è leggermente più piccolo (circa 3 mm contro i 4 mm di *C. ciliata*) ma ne condivide, il caratteristico aspetto dorsale biancastro, traslucido e reticolato, conferito dalle ali sub-quadrangolari e dalle espansioni laterali del torace. In entrambe, se osservate ventralmente, si apprezza, invece, il colore nero lucente di capo, torace e addome. Oltre alla dimensione inferiore, *C. arcuata* può essere più facilmente riconosciuta per la presenza di due macchie scure sulle ali, laddove *C. ciliata* ne presenta solo una.



Fig. 1 - Individuo adulto di *Corythucha arcuata* fotografato durante le attività di monitoraggio in Toscana.

Il ciclo biologico di *C. arcuata* prevede lo svernamento sulle piante ospiti ed è sostenuto dagli individui adulti che trovano riparo nelle screpolature della corteccia o in altre cavità. In primavera, le femmine depongono ovature composta numerosi elementi (10-100) in posizione verticale sulla pagina inferiore delle foglie. Lo sviluppo preimmaginale si completa attraverso cinque stadi giovanili di colore bruno-nerastro e ricoperti di spine. In Europa, così come nell'areale di origine, la specie compie tipicamente due generazioni all'anno, con l'avvio di una terza nelle annate con clima favorevole (CONNELL e BEACHER, 1947; BĂLĂCENOIU *et al.*, 2023).

Sebbene *C. arcuata* sia associata, nel suo areale di origine, alle querce decidue della sezione *Quercus*, ossia le querce bianche nordamericane, in Europa ha mostrato un'ampia plasticità trofica, attaccando nuove specie della sezione *Quercus* come la farnia (*Quercus robur*) e la roverella (*Q. pubescens*), ma anche querce della sezione *Cerris* come il cerro (*Q. cerris*) e il farnetto (*Q. frainetto*). Sono state inoltre segnalate associazioni sporadiche su *Castanea sativa* e su numerose altre piante non appartenenti al genere *Quercus* (es. *Acer campestre*, *Corylus avellana*, *Rosa canina*) (BERNARDINELLI, 2006; CSÓKA *et al.*, 2020).

I segni dell'attacco sono visibili sulla pagina superiore come decolorazioni puntiformi che, a fine stagione, possono confluire in ampie aree clorotiche. Sulla pagina inferiore si riscontrano gli stadi giovanili, le esuvie e abbondanti deiezioni puntiformi, nere e appiccicose. In ambiente urbano, il danno è prevalentemente estetico, con possibilità di filloptosi anticipata. Inoltre, *C. arcuata* non determina, nel breve termine, variazioni statisticamente significative del tasso di accrescimento della pianta, né alterazioni nel rapporto tra legno tardivo e primaverile (TSIKAS e KARANIKOLA, 2025). Tale tolleranza è probabilmente riconducibile alla fenologia dell'insetto, il cui picco di attività si manifesta in tarda stagione, quando la maggior parte dell'incremento legnoso annuo è già stata completata. Tuttavia, studi fisiologici hanno evidenziato riduzioni della fotosintesi fino al 60%, con possibili ripercussioni croniche sulla salute delle piante (NIKOLIĆ *et al.*, 2019; PAULIN *et al.*, 2020).

La rapida espansione di *C. arcuata* attraverso il continente europeo è ampiamente attribuita alla sua

spiccata capacità di dispersione passiva mediata dalle attività umane. Definita frequentemente come un tipico "autostoppista", questa tingide sfrutta il traffico stradale e ferroviario per compiere spostamenti a lunga distanza, superando barriere naturali e realizzando significativi "salti" geografici in tempi ridotti. Di conseguenza, i primi ritrovamenti nelle aree di recente invasione risultano prevalentemente concentrati nei centri urbani e lungo le principali reti di comunicazione, autostrade internazionali e snodi ferroviari, con una particolare frequenza in prossimità delle aree di sosta e dei parcheggi. Recenti analisi spaziali condotte su scala macroecologica e locale confermano che la vicinanza alle infrastrutture di trasporto e l'intensità del traffico motorizzato rappresentano i principali fattori esplicativi dei pattern di distribuzione della specie (DOBREVA *et al.*, 2013; SIMOV *et al.*, 2018; TOMESCU *et al.*, 2018). Studi basati sul telerilevamento hanno stimato una velocità di espansione radiale delle infestazioni variabile tra 6 e 50 km all'anno, strettamente dipendente dall'intensità delle attività antropiche e della logistica dei trasporti (KERN *et al.*, 2021).



Fig. 2 - Farnie attaccate da *Corythucha arcuata* nel centro urbano di Pistoia (Toscana): si noti la chioma clorotica della pianta maggiormente infestata sulla destra (foto scattata il 30/08/2021).

DIFFUSIONE IN TOSCANA: DATI 2021 E AGGIORNAMENTI

L'indagine estensiva sulla presenza di *C. arcuata* nel territorio regionale è stata condotta tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno del 2021, periodo in cui i sintomi dell'infestazione sono maggiormente evidenti (CSÓKA *et al.*, 2020; WILLIAMS *et al.*, 2021). Sono stati selezionati 50 siti di campionamento di circa un ettaro ciascuno, distribuiti in tutte le dieci province toscane e nella limitrofa provincia di Viterbo. La metodologia ha previsto la scelta casuale dei siti lungo le principali reti di comunicazione stradale dal momento che la diffusione a lunga distanza della specie è mediata dal trasporto passivo antropico. In ogni sito sono state ispezionate almeno dieci querce decidue, analizzando un minimo di 100 foglie per pianta per accertare la presenza di individui di *C. arcuata* (adulti e stadi giovanili), ovature, escrementi e i tipici danni da nutrizione. L'identificazione morfologica degli esemplari raccolti è stata integrata e confermata da analisi molecolari attraverso il sequenziamento del gene mitocondriale COI (DNA barcoding) (BRACALINI *et al.*, 2023).

I risultati del monitoraggio 2021 hanno rivelato che *C. arcuata* era già ampiamente diffusa in Toscana, es-

sendo presente in 7 province su 10 e in 29 dei 50 siti totali (58%). La specie non è stata rinvenuta solo nelle province di Livorno, Massa Carrara e Prato. In accordo con il comportamento da “autostoppista” dell’insetto, la frequenza di siti infestati è stata nettamente superiore nelle aree urbane (79%) rispetto alle periurbane (32%). Il picco è stato registrato in provincia di Firenze, dove in alcuni comuni l’infestazione ha superato il 90% delle piante esaminate. Nella metà dei siti, i danni sono stati classificati come “elevati” (ossia con percentuali di foglie sintomatiche sul totale oltre il 50%) o “gravi” (con decolorazioni della chioma visibili anche a distanza).

Per quanto riguarda la suscettibilità degli ospiti, le specie più colpite in Toscana sono risultate la farnia, con il 72% degli esemplari infestati, e il cerro, con il 69%. Al contrario, la roverella ha mostrato una frequenza di piante attaccate molto bassa, pari a solo l’8% di quelle ispezionate. Tale dato appare in parziale disaccordo con le osservazioni condotte in Europa centrale e nei Balcani, dove la roverella è indicata tra gli ospiti più suscettibili insieme alla farnia (CSÓKA *et al.*, 2020). Questa apparente discrepanza potrebbe essere spiegata dalla distribuzione non uniforme degli ospiti nel campione monitorato. Infatti, la farnia è stata rinvenuta quasi esclusivamente (circa il 97%) in contesti urbani, aree dove la pressione del fitofago è risultata massima a causa del trasporto passivo. Non si può escludere, inoltre, che popolamenti di roverella a distribuzione più meridionale possano avere una tolleranza maggiore alla tingide rispetto a quelli del centro Europa.

Per seguire l’andamento dell’infestazione, nel 2025 il monitoraggio è stato ripetuto in 11 siti nelle province toscane di Firenze, Pisa e Prato, con l’aggiunta di sette nuovi siti rispetto a quelli del 2021. I risultati indicano che la pressione di *C. arcuata* sul territorio non è mai diminuita. In nessuno dei quattro siti di campionamento rivalutati è stata registrata una riduzione dell’infestazione, che anzi è risultata in aumento in tutti i siti, eccetto un unico caso dove, però, l’intensità di danno era già stata valutata come “grave” nel 2021. Un dato di particolare rilevanza ecologica, emerso da questo aggiornamento a 4 anni di distanza dal primo censimento, è l’emergere dei primi segnali di una diffusione dell’insetto dalle aree antropizzate e dai margini boschivi verso l’interno delle formazioni stesse. Tuttavia, in Toscana questa colonizzazione dei sistemi forestali sembra procedere con una velocità inferiore rispetto a quanto documentato in Nord Italia, Centro Europa, Balcani e Russia, dove l’invasione forestale è avvenuta spesso già a 1-2 anni dalla prima segnalazione (e.g. DIOLI *et al.* 2007; ZÚBRIK *et al.*, 2024; CSEPELÉNYI *et al.*, 2017; NEIMOROVETS *et al.*, 2017).

MODELLI PREVISIONALI E PROSPETTIVE FUTURE

L’apparente più lenta dinamica di espansione della tingide nei sistemi naturali della Toscana può essere meglio interpretata grazie ai modelli bioclimatici in CICEU *et al.* (2024) che collocano l’Italia centrale al limite meridionale della distribuzione potenziale di *C. arcuata*,

suggerendo una minore idoneità ambientale di questa Regione rispetto alle Regioni italiane settentrionali e all’Europa continentale. L’analisi delle dinamiche di espansione di *C. arcuata* in Europa si è avvalsa, nel suddetto studio, di sofisticati modelli di distribuzione delle specie (SDM) di tipo *ensemble*, che integrano diversi algoritmi (come Random Forest e Modelli Additivi Generalizzati) per ridurre l’incertezza e aumentare l’affidabilità delle proiezioni. L’efficacia di tali modelli per esplorare la distribuzione potenziale di specie invasive che non hanno ancora raggiunto un equilibrio con il nuovo ambiente è ampiamente documentata in letteratura (ROBINSON *et al.*, 2010; SUNG *et al.*, 2018). Il lavoro di CICEU *et al.* (2024) ha permesso di distinguere, per *C. arcuata*, tra la “nicchia realizzata”, definita come lo spazio ambientale dove la specie può essere già presente data la similarità con le aree già occupate, e la “distribuzione potenziale”, che identifica i territori bioclimaticamente idonei non ancora colonizzati, utilizzando procedure di selezione dei dati per correggere le assenze dovute ai limiti intrinseci di dispersione (ENGLER *et al.*, 2004).

I modelli identificano come fattori limitanti principali i parametri termici, in particolare il numero di gradi giorno sopra i 5 °C e quelli sotto lo 0 °C. L’idoneità ambientale crolla drasticamente nelle aree ancora non colonizzate del nord Europa, dove i gradi giorno sotto lo zero superano le 300 unità, riflettendo i limiti di tolleranza della specie alle temperature invernali estreme. Anche le precipitazioni del secondo e del sesto mese dell’anno risultano determinanti: l’idoneità per *C. arcuata* è legata a inverni relativamente asciutti seguiti da primavera ed estati umide, condizioni che favoriscono un adeguato apporto di linfa dalle piante ospiti durante la fase di massima attività del fitofago. Un elemento innovativo di queste analisi è l’integrazione della suscettibilità degli ospiti (genere *Quercus*) come predittore aggiuntivo, riconoscendo il legame inscindibile tra il fitofago invasivo e il suo habitat forestale (CSÓKA *et al.*, 2019).

Lo stesso studio mostra, inoltre, che le proiezioni al 2100, calibrate su due scenari di emissione di gas serra – sforzo globale di mitigazione e mancata azione – prevedono una massiccia espansione della tingide verso il Nord Europa. Infatti, entro la fine del secolo, si stima che oltre l’80% dell’areale delle querce decidue nel continente potrebbe essere colonizzato dall’insetto. Tuttavia, tali proiezioni incidono in maniera sensibilmente diversa a seconda della specie quercina: mentre per il cerro (*Q. cerris*) e la quercia ungherese (*Q. frainetto*) gli areali nativi risultano già oggi quasi interamente idonei a *C. arcuata*, per la farnia (*Q. robur*) e la roverella (*Q. petraea*) l’idoneità attuale è limitata al 40-50% a causa della loro distribuzione settentrionale, ma è destinata a salire fino al 90% entro il 2100. In questo scenario, l’Italia centrale rimane costantemente al limite meridionale della distribuzione potenziale della tingide americana della quercia. Questo potrebbe spiegare la progressione apparentemente più lenta dell’invasione forestale in Toscana rispetto a quanto osservato in regioni climaticamente più favorevoli, dove i parametri di temperatura e umidità incidono più favore-

volmente sul ciclo biologico della tingide (BĂLĂCENOIU *et al.*, 2021; 2023). Una conferma di questa tendenza, a livello europeo, emerge chiaramente dai dati di *citizen science* (i.e. iNaturalist) raccolti nel periodo 2020-2025. Le segnalazioni indicano che l'incremento dell'areale non avviene in modo omogeneo, ma si manifesta come una spiccata avanzata verso le latitudini settentrionali. Infatti, mentre nelle regioni a clima continentale si osserva un rapido aumento delle segnalazioni anche a latitudini più settentrionali, non si riscontra una dinamica simile nei territori mediterranei. Questo scenario attesta la progressiva colonizzazione di nuovi settori nel Nord Europa, in contrapposizione alla pressoché invariata distribuzione delle nuove segnalazioni per l'Italia Centrale.

RIFLESSIONI FINALI E GESTIONE

La rapida espansione di *C. arcuata* negli ecosistemi forestali europei solleva serie preoccupazioni circa il suo ruolo nel complesso fenomeno del declino delle querce. Sebbene indagini a breve termine abbiano mostrato una certa tolleranza all'infestazione dell'insetto da parte di alcune specie quercine (TSIKAS e KARANIKOLA, 2025), la conseguente riduzione della capacità fotosintetica, che può raggiungere il 60% in piante gravemente infestate (NIKOLIĆ *et al.*, 2019), potrebbe compromettere la vitalità degli alberi nel lungo periodo, rendendoli maggiormente suscettibili ad attacchi di organismi opportunisti secondari, quali insetti xilofagi o funghi fitopatogeni (GEORGIEVA *et al.*, 2024).

Inoltre, le interazioni ecologiche della tingide con la biocenosi autoctona appaiono particolarmente complesse. La letteratura documenta casi di competizione interspecifica per la risorsa trofica: le foglie severamente danneggiate da *C. arcuata* risultano inadatte per diversi lepidotteri specialisti delle querce, come i notodontidi *Drymonia querna* (Denis & Schiffermüller) e *Harpya milhauseri* (Fabricius), le cui larve possono andare incontro a inedia e morte (PAULIN *et al.*, 2020; CSÓKA *et al.*, 2020). Parallelamente, è stata ipotizzata una sinergia tra l'insetto e alcuni patogeni fogliari; in Bulgaria, ad esempio, popolazioni di *C. arcuata* sono state associate al fungo *Microstroma album* (Desm.) Sacc., del quale la tingide potrebbe agire come vettore meccanico (GEORGIEVA *et al.*, 2024). In merito alle possibili associazioni di *C. arcuata* con funghi fitopatogeni gli autori del presente contributo stanno conducendo studi mirati nel territorio toscano.

Sul piano della diffusione, oltre al già citato trasporto passivo lungo le vie di comunicazione (DOBREVA *et al.*, 2013; SIMOV *et al.*, 2018), un ruolo non trascurabile potrebbe essere svolto dalle pratiche selvicolturali, in particolare dalla movimentazione di legna da ardere e dal commercio di legname. Gli adulti svernanti nelle screpolature della corteccia possono essere trasportati passivamente attraverso la movimentazione di tronchi o legna

da ardere, facilitando la colonizzazione di nuove aree boscate. Per mitigare tale rischio, alcuni studi suggeriscono l'adozione di restrizioni locali al commercio di legname proveniente da aree gravemente infestate e diretto verso aree dove la tingide non è stata ancora osservata (CICEU *et al.*, 2024).

Per quanto riguarda le strategie di difesa, se in ambiente urbano l'endoterapia rimane l'opzione più percorribile per la tutela del valore estetico e fisiologico delle piante (PAULIN *et al.*, 2020), negli ecosistemi forestali la lotta biologica classica rappresenta l'unica prospettiva sostenibile. In tale ambito, l'imenottero mimaride *Erythmelus klopomor* Triapitsyn è attualmente considerato l'agente di biocontrollo più promettente (PUTTLER *et al.*, 2014). Questo parassitoide oofago, originario del Nord America, presenta caratteristiche biologiche di grande interesse: è una specie multivoltina con un ciclo biologico estremamente rapido (circa 14,5 giorni), si riproduce prevalentemente per partenogenesi e mostra una spiccata preferenza per le uova di *C. arcuata*, che risultano più accessibili rispetto a quelle di altre tingidi poiché meno profondamente inserite nei tessuti fogliari (PUTTLER *et al.*, 2014). Inoltre, la capacità di *E. klopomor* di svernare come adulto in diapausa nello stesso microhabitat della tingide suggerisce una buona sincronia ambientale con l'ospite nei territori di introduzione (PUTTLER *et al.*, 2014).

In conclusione, il mantenimento di un monitoraggio costante e l'ulteriore studio della biologia di *C. arcuata* nei nuovi territori di espansione, come la Toscana, sono essenziali per ottimizzare i modelli previsionali. Tali conoscenze costituiscono il presupposto fondamentale per implementare futuri programmi di gestione integrata a livello regionale e sovranazionale (BĂLĂCENOIU *et al.*, 2023; CICEU *et al.*, 2024).

BIBLIOGRAFIA

- BĂLĂCENOIU F., SIMON D.C., NEȚOIU C., TOMA D., PETRIȚAN I.C., 2021 – *The seasonal population dynamics of Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) and the relationship between meteorological factors and the diurnal flight intensity of the adults in romanian oak forests. - *Forests*, 12: 1774.
- BĂLĂCENOIU F., TOMA D., NEȚOIU C., 2023 – *From field data to practical knowledge: investigating the bioecology of the Oak Lace Bug—An Invasive Insect Species in Europe*. - *Insects*, 14, 882: 1-18.
- BERNARDINELLI I., 2006 – *Potential host plants of Corythucha arcuata* (Het., Tingidae) in Europe: a laboratory study. - *J. Appl. Entomol.*, 130: 480-484.
- BERNARDINELLI I., ZANDIGIACOMO P., 2000 – *Prima segnalazione di Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa. - *Informatore Fitopatologico*, 50 (12): 47-49.
- BRACALINI M., RIZZO D., PANZAVOLTA T., 2023 – *Updates*

- on the invasive oak lace bug, *Corythucha arcuata*, in Italy. - Bulletin of Insectology, 76 (1): 37-43.
- CICEU A., BĂLĂCENOIU F., DE GROOT M., CHAKRABORTY D., AVTZIS D., BARTA M., BLASER S., BRACALINI M., CASTAGNEYROL B., CHERNOVA U. A., ÇOTA E., CSÓKA G., DAUTBASIC M., GLAVENDEKIC M., GNINENKO Y. I., HOCH G., HRADIL K., HUSEMANN M., MESHKOVA V., MUJEZINOVIC O., MUTUN S., PANZAVOLTA T., PAULIN M., RIBA-FLINCH J. M., SIMOV N., SOTIROVSKI K., VASILCIUC S., ZÚBRIK M., SCHUELER S., 2024 – *The ongoing range expansion of the invasive oak lace bug across Europe: current occurrence and potential distribution under climate change*. - Science of the Total Environment, 949: 174950.
- CONNELL W.A., BEACHER J.H., 1947 – *Life history and control of the oak lace bug*. - Bulletin of the University of Delaware Agricultural Experiment Station, 265: 1-28.
- CSEPELÉNYI M., HIRKA A., SZÉNÁSI Á., MIKÓ Á., SZÖCS L., CSÓKA G., 2017 – *Rapid area expansion and mass occurrences of the invasive oak lace bug [Corythucha arcuata (Say, 1832)] in Hungary*. - Erdészettudományi Közlemények, 7 (2): 127-134
- CSÓKA G., HIRKA A., MUTUN S., GLAVENDEKIC M., MIKÓ Á., SZÖCS L., PAULIN M., EÖTVÖS C. B., GÁSPÁR C., CSEPELÉNYI M., 2019 – *Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [Corythucha arcuata (Say, 1832)–Heteroptera: Tingidae] in Eurasia*. - Agric. For. Entomol., 22: 61-74.
- CSÓKA G., HIRKA A., MUTUN S., GLAVENDEKIC M., MIKÓ Á., SZÖCS L., PAULIN M., EÖTVÖS C. B., GÁSPÁR C., CSEPELÉNYI M., FRANJEVIĆ M., GNINENKO Y., DAUTBAŠIĆ M., MUZEJINOVIC O., ZÚBRIK M., NETOIU C., BUZATU A., BĂLĂCENOIU F., JURC M., JURC D., BERNARDINELLI I., STREITO J.-C., AVTZIS D., HRAŠOVEC B., 2020 – *Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [Corythucha arcuata (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia*. - Agricultural and Forest Entomology, 22 (1): 61-74.
- DIOI P., GIACALONE FORINI I., MORETTI M., SALVETTI M., 2007 – *Note sulla distribuzione di Corythucha arcuata (Insecta, Heteroptera, Tingidae) in Cantone Ticino (Svizzera), Valtellina e alto Lario (Lombardia, Italia)*. - Il Naturalista Valtellinese, 18: 59-68.
- DOBREVA M., SIMOV N., GEORGIEV G., MIRCHEV P., GEORGIEVA M., 2013 – *First record of Corythucha arcuata (Say) (Heteroptera: Tingidae) on the Balkan Peninsula*. - Acta Zoologica Bulgarica, 65 (3): 409-412
- ENGLER R., GUIAN A., RECHSTEINER L., 2004 – *An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data*. - J. Appl. Ecol., 41: 263-274.
- KERN A., MARJANOVIĆ H., CSÓKA G., MÓRICZ N., PERNEK M., HIRKA A., MATOŠEVIĆ D., PAULIN M., KOVAČ G., 2021 – *Detecting the oak lace bug infestation in oak forests using MODIS and meteorological data*. - Agric. For. Meteorol., 306: 108436.
- GEORGIEVA M., TRENCEVA K., DOBREVA M., HRISTOVA M., VELINOV V., GEORGIEV G., 2024 – *First records of Microstroma album (Desmazières) Saccardo, 1878 (Basidiomycota: Microstromataceae) and Phylloxera glabra (von Heyden, 1837) (Hemiptera: Phylloxeridae) in oak stands in Bulgaria*. - Historia Naturalis Bulgarica, 46: 139-145.
- NEIMOROVETS V.V., SHCHUROV V.I., BONDARENKO A.S., SKVORTSOV M.M., KONSTANTINOV F.V., 2017 – *First documented outbreak and new data on the distribution of Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Russia*. - Acta Zoologica Bulgarica, 69: 139-142.
- NIKOLIĆ N., PILIPOVIĆ A., DREKIĆ M., KOJIĆ D., POLJAKOVIĆ-PAJNİK L., ORLOVIĆ S., ARSENOV D., 2019 – *Physiological responses of pedunculate oak (Quercus robur L.) to Corythucha arcuata (Say, 1832) attack*. - Archives of Biological Sciences, 71 (1): 167-176.
- PAULIN M., HIRKA A., EÖTVÖS C. B., GÁSPÁR C., FÜRJES-MIKÓ Á., CSÓKA G., 2020 – *Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (Corythucha arcuata) in European oak ecosystems – a review*. - Folia Oecologica, 47 (2): 131-139.
- PUTTLER B., BAILEY W.C., TRIAPITSYN S.V., 2014 – *Notes on distribution, host associations, and bionomics of Erythmelus klopomor Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host Corythucha arcuata (Say) (Hemiptera, Tingidae)*. - Journal of Entomological and Acarological Research, 46: 30-34.
- ROBINSON T. P., VAN KLINCKEN R. D., METTERNICHT G., 2010 – *Comparison of alternative strategies for invasive species distribution modeling*. - Ecol. Model., 221: 2261-2269.
- ROQUES A., KENIS M., LEES D., LOPEZ-VAAMONDE C., RABITSCH W., RASPLUS J.-Y., ROY D.B. (Eds.), 2010 – *Alien terrestrial arthropods of Europe*. - BioRisk, 4: 1-1028.
- ROQUES A., SHI J., AUGER-ROZENBERG M.-A., REN L., AUGUSTIN S., LUO Y.-Q., 2020 – *Are Invasive Patterns of Non-native Insects Related to Woody Plants Differing Between Europe and China?* - Front. For. Glob. Change 2:91. doi: 10.3389/ffgc.2019.00091
- SIMOV N., GROZEVA S., LANGOUROV M., GEORGIEVA M., MIRCHEV P., GEORGIEV G., 2018 – *Rapid expansion of the oak lace bug Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Bulgaria*. - Hist. Nat. Bulg., 27: 51-55.
- SUNG S., KWON Y., LEE D. K., CHO Y., 2018 – *Predicting the potential distribution of an invasive species, Solenopsis invicta Buren (Hymenoptera: Formicidae), under climate change using species distribution models*. - Entomol. Res., 48: 505-513.
- TSIKAS A., KARANIKOLA P., 2025 – *Assessing the Short-Term Impact of the Oak Lace Bug (Corythucha ar-*

- cuata) on Growth and Wood Properties of *Quercus frainetto*. - South-east Eur. for., 16 (1): 1-7.
- TOMESCU R., OLENICI N., NETOIU C., BĂLĂCENOIU F., BUZATU A., 2018 – *Invasion of the oak lace bug Corythucha arcuata (Say.) in Romania: a first extended reporting*. - Ann. For. Res., 61 (2): 161-170
- WILLIAMS D., HOCHT G., CSÓKA G., DE GROOT M., HRADIL K., CHIRECEANU C., HRAŠOVEC B., CASTAGNEYROL B., 2021 – *Corythucha arcuata (Heteroptera, Tingidae): evaluation of the pest status in Europe and development of survey, control and management strategies (OLBIE)*. - Zenodo, doi: 10.5281/zenodo.4898795.
- ZÚBRIK M., BARTA M., NIKOLOV C., RELL S., KUNCA A., GUBKA A., VAKULA J., GALKO J., LEONTOVYČ R., LALÍK M., KULFAN J., 2024 – *Fast spread of Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) in Slovakia during the period 2020-2022*. - Cent. Eur. For. J., 70: 286-293.

BIO-ECOLOGIA E ASPETTI MOLECOLARI DI *TOUMEYELLA PARVICORNIS* (HEMIPTERA, COCCIDAE) IN ITALIA: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE DI GESTIONE

STEFANO SPERANZA^a - MARIO CONTARINI^a - NICOLÒ DI SORA^a -
LUCA ROSSINI^b - SILVIA TURCO^a - ANGELO MAZZAGLIA^b

^a Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, Viterbo, Italia

^b School of Agriculture, Policy and Development, University of Reading, Reading, UK

Autore corrispondente: Nicolò Di Sora

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive”.
Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

*Bio-ecology and molecular aspects of *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera, Coccidae) in Italy: current status and management perspectives*

The pine tortoise scale *Toumeyella parvicornis*, native to North America, is currently one of the most impactful invasive pests affecting Mediterranean pine forests. In Italy, severe infestations on *Pinus pinea* have led to progressive canopy decline and tree mortality, particularly in urban and coastal stands. This contribution summarizes recent advances on the bio-ecology, molecular characterization, diagnostic tools, environmental suitability modeling and control strategies for this species. Multi-gene phylogenetic analyses (COI, 28S, EF-1 α , HIS3, wg) allowed the characterization of Italian populations and the development of rapid and specific molecular diagnostic tools, including a Real-Time LNA-PCR assay. Dendrochronological and remote sensing analyses highlighted measurable impacts on tree growth and physiological status. Species distribution models predict high environmental suitability across Mediterranean Europe. Current management relies mainly on trunk injection with abamectin, while promising results have emerged from biological control agents, including predators and the entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius*.

KEY WORDS: pine tortoise scale; invasive species; molecular diagnostics; biological control; Mediterranean pine forests

INTRODUZIONE

Toumeyella parvicornis è una cocciniglia originaria del Nord America, inserita nella lista A2 EPPO per l'elevata invasività. Negli ultimi anni ha assunto un ruolo centrale tra i nuovi parassiti forestali in Italia, con particolare impatto sulle pinete mediterranee. La specie è favorita da caratteristiche biologiche quali multivoltinismo, partenogenesi, elevata fecondità e fase sessile degli stadi maturi. Le neanidi di prima età rappresentano il principale stadio dispersivo (DI SORA *et al.*, 2022). Il numero di generazioni all'anno varia in funzione dell'area geografica: nelle aree di origine la specie compie una generazione all'anno mentre in climi più miti può completare fino a tre o quattro generazioni (GARONNA *et al.*, 2018; DI SORA *et al.*, 2022). Il ciclo vitale è composto da quattro fasi che *T. parvicornis* trascorre prevalentemente sui rametti di pino. Maschi e femmine condividono lo stesso numero di fasi vitali; inoltre, la specie è caratterizzata da un dimorfismo sessuale che è minimo durante le fasi larvali e marcato negli adulti. I maschi adulti sono alati, mentre le femmine adulte sono sessili, di forma ovale e di colore rossastro ricoperte di

macchie nere o marroni (DI SORA *et al.*, 2024a). Sebbene nelle aree native prediliga differenti specie vegetali (e.g. *Pinus banksiana*), sempre afferenti al genere *Pinus*, in Europa la maggiore suscettibilità è stata riscontrata nel pino domestico (*Pinus pinea*). Attualmente, la sua distribuzione europea comprende focolai in diverse regioni italiane, nonché in Francia e, più recentemente, in Albania (DI SORA *et al.*, 2024b).

SINTOMATOLOGIA E IMPATTO ECOLOGICO

L'aspetto tipico dell'infestazione è caratterizzato da un'abbondante produzione di melata, che si deposita non solo sulle piante ospiti ma anche su tutto ciò che si trova al di sotto delle chiome dei pini (Fig. 1). Su questo substrato si sviluppa successivamente una copiosa fumaggine, la cui presenza determina ingiallimenti, disseccamenti della chioma e, nei casi più gravi, la morte delle piante (DI SORA *et al.*, 2024a). Sfruttando tali sintomatologie e lo stato di deperimento indotto, è possibile individuare indirettamente focolai sospetti nelle pinete mediante l'osservazione di specifici parametri derivati da immagini satellitari. In particolare,

le analisi dendrocronologiche (tramite parametri quali BAI e TRWI), basate sullo studio degli anelli annuali di accrescimento, consentono di evidenziare variazioni significative riconducibili a condizioni di stress a carico della pianta (NICCOLI *et al.*, 2024). In alternativa, tali alterazioni possono essere rilevate attraverso indici di telerilevamento (NDVI, NDMI, WUEI), che permettono di valutare lo stato di vitalità delle chiome (FALANGA *et al.*, 2024; LASAPONARA *et al.*, 2024; NICCOLI *et al.*, 2024).



Fig. 1 - Pini domestici fotografati a Roma. E' visibile la gradualità dell'infestazione presente sulle chiome, con un intensificarsi dei sintomi osservando gli alberi da destra verso sinistra. Foto di Nicolò Di Sora

È tuttavia necessario considerare che le condizioni di alterazione osservate non sono imputabili esclusivamente alla presenza della cocciniglia tartaruga. Infatti, in situazioni di forte deperimento, si associa frequentemente l'azione di un parassita secondario, *Tomicus destruens* (Woll.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), che riesce ad aumentare significativamente le proprie popolazioni, contribuendo ad aggravare il danno e a rendere più complessa la gestione fitosanitaria.

CARATTERIZZAZIONE MOLECOLARE E DIAGNOSTICA

Seppur poco approfondita dal punto di vista molecolare, la specie è stata oggetto di studi volti alla sua caratterizzazione genetica, al fine di migliorarne la diagnostica. In particolare, cinque geni (COI, 28S, EF-1 α , HIS3 e *wg*) sono stati caratterizzati ed è stata condotta un'analisi filogenetica (DI SORA *et al.*, 2023c). Queste informazioni hanno successivamente consentito una rapida validazione di nuovi focolai in Europa, tra cui quello recentemente segnalato in Albania (DI SORA *et al.*, 2024b). Sulla base di tali risultati, è stato inoltre sviluppato un metodo diagnostico basato su Real-Time LNA-PCR con sonda specifica (RIZZO *et al.*, 2025), che consente l'identificazione della specie anche in modo indiretto (ad esempio mediante analisi della melata), riducendo la necessità di campionamento diretto sulle chiome delle piante.

IDONEITÀ AMBIENTALE

Per l'individuazione delle aree a elevato rischio di infestazione da parte di *T. parvicornis* in ambito europeo, l'impiego dei Modelli di Distribuzione delle Specie

(SDM) consente di elaborare mappe di idoneità ambientale (DI SORA *et al.*, 2023a; FALANGA, 2025). Tali modelli si basano sull'integrazione delle coordinate geografiche dei siti in cui la specie è presente (dati di presenza) con variabili bioclimatiche, quali temperature medie e precipitazioni. Attraverso l'applicazione di approcci statistici e matematici (ad esempio MaxEnt, GLM, Random Forest o MARS), è possibile individuare le condizioni ambientali maggiormente associate alla presenza stabile della specie. Una volta definita la nicchia ecologica potenziale, i modelli consentono di identificare aree caratterizzate da condizioni analoghe e quindi potenzialmente idonee alla colonizzazione. L'accuratezza predittiva può essere ulteriormente migliorata integrando la distribuzione dell'ospite vegetale. Studi basati su questo approccio hanno evidenziato aree ad alta idoneità in regioni successivamente colonizzate dalla specie, come i Balcani, nonché nella penisola iberica, dove l'ospite vegetale è ampiamente diffuso anche a fini produttivi (DI SORA *et al.*, 2023a).

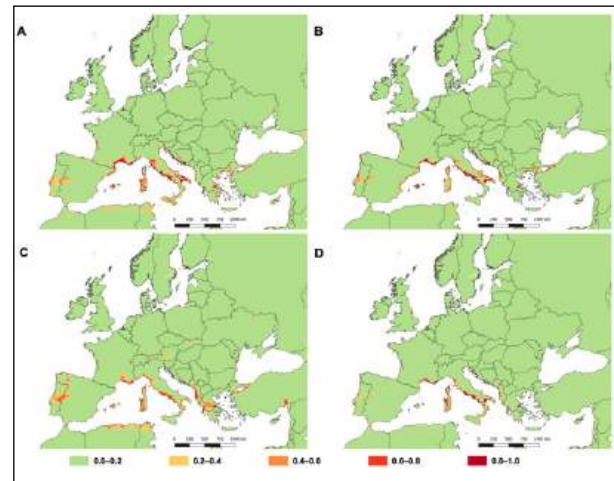


Fig. 2 - Idoneità ambientale di *T. parvicornis* per l'Europa Mediterranea in base alle variabili climatiche registrate nei luoghi di presenza. Le differenti lettere indicano differenti modelli applicati: A) Generalized Linear Model (GLM); B) Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS); C) MaxEnt; D) Random Forest; Estratto da DI SORA *et al.* (2023a).

STRATEGIE DI GESTIONE

Le aree italiane maggiormente colpite da *T. parvicornis* hanno evidenziato un marcato allarme nella popolazione, con una conseguente e rapida attivazione delle istituzioni pubbliche competenti. In risposta alle infestazioni emergenti, il Servizio Fitosanitario Nazionale ha adottato strategie emergenziali basate su trattamenti endoterapici con principi attivi a base di abamectina, che hanno consentito interventi tempestivi. Tuttavia, sebbene efficaci nelle fasi iniziali di contenimento delle popolazioni, tali metodologie hanno mostrato fin da subito diverse criticità, tra cui tempi di traslocazione variabili in funzione delle condizioni ambientali, una persistenza limitata (circa 60 giorni) e costi unitari elevati (DI SORA *et al.*, 2022, 2023b). Al fine di individuare strategie integrative,

nell'ottica di un contenimento sostenibile e a ridotto impatto ambientale, sono state avviate ulteriori ricerche sul controllo biologico della specie. Studi condotti in laboratorio, in condizioni di semi-campo e successivamente in pieno campo hanno evidenziato risultati promettenti legati all'azione di predatori locali. In particolare, i coccinellidi *Cryptolaemus montrouzieri* ed *Exochomus quadripustulatus* (quest'ultimo testato anche in pieno campo) hanno mostrato un potenziale significativo nel ridurre le popolazioni del fitofago, ed daranno nel tempo un positivo contributo al ripristino di condizioni di maggiore equilibrio dell'ecosistema (DI SORA *et al.*, 2024a; 2025a). Ulteriori prospettive di controllo emergono poi dall'impiego del fungo entomopatogeno *Akanthomyces muscarius*, che in prove sperimentali preliminari ha determinato la mortalità della quasi totalità degli individui trattati (Fig. 2), evidenziando un elevato potenziale applicativo, pur richiedendo ulteriori approfondimenti in condizioni più naturali (DI SORA *et al.*, 2025b).



Fig. 3 - Rametto di pino domestico, ricoperto da femmine adulte di *T. parvicornis* completamente colonizzate dal micelio di *A. muscarius* durante le sperimentazioni di laboratorio. Foto di Nicolò Di Sora

PROSPETTIVE DI RICERCA

Le ricerche sviluppate hanno permesso di chiarire numerosi aspetti relativi alla biologia della specie e alla sua interazione con le diverse metodologie di controllo, fornendo un quadro più completo delle dinamiche di infestazione e delle possibili strategie di gestione. I risultati ottenuti hanno inoltre contribuito a delineare le principali linee guida per le ricerche future, evidenziando la necessità di approfondire ulteriormente alcuni ambiti chiave. Tra questi, assumono particolare rilevanza gli studi di interazione molecolare ospite-patogeno (e.g. *T. parvicornis* – *A. muscarius*) e la loro interazione in pieno campo; la comprensione dei meccanismi alla base della suscettibilità delle piante al parassita, per supportare le scelte soprattutto nei nuovi impianti nelle aree colpite; l'identificazione di feromoni sessuali specifici che potrebbe aprire nuove prospettive per lo sviluppo di strumenti di monitoraggio e controllo a basso impatto ambientale; lo sviluppo di sistemi integrati di early detection, basati sull'integrazione di approcci molecolari, dati di telerilevamento e modelli previsionali, con l'obiettivo di indivi-

duare precocemente nuovi focolai e supportare strategie di gestione tempestive, efficaci ed il più possibile automatizzabili.

BIBLIOGRAFIA

- DI SORA N., ROSSINI L., CONTARINI M., CHIAROT E., SPERANZA S., 2022 - *Endotherapeutic treatment to control Toumeyella parvicornis Cockerell infestations on Pinus pinea L.* - Pest Management Science, 78: 2443–2448.
- DI SORA N., MANNU R., ROSSINI L., CONTARINI M., GALLEGO D., SPERANZA S., 2023a - *Using species distribution models (SDMs) to estimate the suitability of European Mediterranean non-native area for the establishment of Toumeyella parvicornis (Hemiptera: Coccidae).* - Insects, 14: 46.
- DI SORA N., ROSSINI L., CONTARINI M., MASTRANDREA G., SPERANZA S., 2023b - *Toumeyella parvicornis versus endotherapeutic abamectin: three techniques, 1 year after.* - Pest Management Science, 79: 3676–3680.
- DI SORA N., TURCO S., RUGNETI F., ROSSINI L., MAZZAGLIA A., CONTARINI M. ET AL., 2023c - *Molecular characterization and phylogenetic analysis of the pine tortoise scale insect Toumeyella parvicornis (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae).* - Forests, 14: 1585.
- DI SORA N., ROSSINI L., CONTARINI M., VIRLA E.G., SPERANZA S., 2024a - *Are the ladybugs Cryptolaemus montrouzieri and Exochomus quadripustulatus (Coleoptera: Coccinellidae) candidate predators of Toumeyella parvicornis (Hemiptera: Coccidae)?* - Pest Management Science, 80: 2881–2891.
- DI SORA N., CONTARINI M., ROSSINI L., TURCO S., BRUGNETI F., METALIAJ R. ET AL., 2024b - *First report of Toumeyella parvicornis (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) in Albania and its potential spread in the coastal area of the Balkans.* - EPPO Bulletin, 54: 160–165.
- DI SORA N., ROSSINI L., LUZIATELLI G., CONTARINI M., SPERANZA S., 2025 - *“Alien versus predator”: predatory effect of coccinellid Exochomus quadripustulatus on the scale insect Toumeyella parvicornis. An open-field experimentation on the Pinus pinea of Rome.* - Insect Science, 1–10.
- DI SORA N., TURCO S., BRUGNETI F., ISOLI F., MAZZAGLIA A., CONTARINI M., ROSSINI L., 2025b - *“The Last of Them”: Entomopathogenic Effect of Akanthomyces muscarius on the Scale Insect Pest Toumeyella parvicornis Under Laboratory Conditions, a Potential Biological Control Candidate.* - Physiologia Plantarum, 177(5): e70533.
- FALANGA V., FRANCINI S., PARISI F., CAVALLI A., DE FIORAVANTE P., CUCCA B., MARCHETTI M., 2024 - *Near-Real-Time Detection of Insect Outbreaks in Urban Trees Using a PlanetScope Time Series.* - Forests, 15 (12): 2261.
- FALANGA V., 2025 - *Sviluppo di una metodologia di elaborazione di dati satellitari per il monitoraggio degli attacchi da insetti patogeni in ambiente urbano.* Tesi di Dottorato. Dipartimento di bioscienze e territorio, Università degli studi del Molise.

- GARONNA A.P., FOSCARI A., RUSSO E., JESU G., SOMMA S.,-
CASCONI P. ET AL., 2018 - *The spread of the non-native
pinetortoise scale Toumeyella parvicornis (Hemip-
tera: Coccidae) in Europe: a major threat to Pinus
pinea in Southern Italy.* - Iforest - Biogeosciences
and Forestry, 11: 628–634
- LASAPONARA R., ABATE N., MASINI N., 2024 - *Early iden-
tification of vegetation pest diseases using sentinel 2
NDVI Time Series 2016–2023: the case of Toumey-
ella parvicornis at Castel Porziano (Italy).* - IEEE
Geoscience and Remote Sensing Letters, 21: 1-5.
- NICCOLI F., KABALA J. P., ALTIERI S., FAUGNO S., BATTI-
PAGLIA G., 2024 - *Impact of Toumeyella parvicornis
outbreak in Pinus pinea L. forest of Southern Italy:
First detection using a dendrochronological, isotopic
and remote sensing analysis.* - Forest Ecology and
Management, 566: 122086.
- RIZZO D., DOWNES A., ZUBIETA C. G., MORICONI M., RA-
NALDI C., PALMIGIANO B., RUSSO E., 2025 - *Develop-
ment of an LNA-Based qPCR Assay for Detecting
Toumeyella parvicornis (Cockerell, 1897) (Hemip-
tera: Coccidae) from Insect and Honeydew DNA.* -
Insects, 16(9): 982.

LOTTA BIOLOGICA CLASSICA E CONTROLLO DELLE POPOLAZIONI DI *TOUMEYELLA PARVICORNIS* (COCKERELL) NELLE AREE DI NUOVA INTRODUZIONE

PIO FEDERICO ROVERSI^a - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI^a -
GIUSEPPE MAZZA^a - LUCREZIA GIOVANNINI^a

^a CREA–Centro di ricerca Difesa e Certificazione, Firenze

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Nuovi parassiti forestali in Italia aggiornamenti, sfide e prospettive”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 14 novembre 2025.

*Classic biological control of populations of *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) in new invaded areas*

Toumeyella parvicornis is a severe pest of pine trees native to North America and poses a serious threat to pine forests worldwide. To date, populations of this scale insect have been found infesting pines in the Turks & Caicos islands, in Puerto Rico, as well as in Italy, France and Albania. In Italy *T. parvicornis* was first detected in 2014 in the southern regions and outbreaks have progressively expanded since then. Classical biological control appeared immediately as the most promising control method and the coccinellid *Thalassa montezumae* was selected as a valid biological control agent of the pest. In Italy, the implementation of a biological control program is currently under evaluation, which includes risk analysis and the approval process by the competent national authorities.

KEY WORDS: biological control; scales; biological invasions; predators; lady beetles

La cocciniglia tartaruga del pino, *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Homoptera, Coccidae) rappresenta una grave minaccia per le pinete costiere italiane e, più in generale, per quelle mediterranee ed europee. La specie è originaria del Nord America ed è stata introdotta accidentalmente di recente in Italia, dove è stata segnalata per la prima volta in Campania nel 2014. Da qui si è rapidamente diffusa in altre regioni tra cui Lazio, Toscana, Puglia, Abruzzo e Marche. Attualmente la specie è presente anche in Francia e Albania.

In Italia, l’impatto della cocciniglia si è manifestato in modo particolarmente drammatico nelle pinete di pino domestico in Campania e nel Lazio, con estese morie di piante di ogni età e dimensione. I danni sono dovuti all’attività di suzione della linfa da parte del fitomizo, cui si aggiungono gli effetti negativi della copiosa produzione di melata e del conseguente sviluppo di dense fumaggini, che compromettono ulteriormente i processi fisiologici delle piante colpite. I pini di maggiori dimensioni possono sopravvivere per diversi anni dall’inizio dell’infestazione, ma tendono infine a collassare e disseccarsi completamente quando infestazioni elevate perdurano per più anni. Le piante giovani possono subire danni gravi e irreversibili in tempi molto brevi. Il fronte di infestazione della cocciniglia tartaruga avanza con notevole velocità percorrendo diversi chilometri l’anno. La dispersione avviene principalmente quando è presente il primo stadio di sviluppo (mobile) e in concomitanza con forti venti, ma anche tramite il trasporto di materiale vegetale infestato derivante da potature e abbattimenti.

Ai limiti settentrionali dell’areale nativo, in Canada e nel Nord degli Stati Uniti, la specie completa una sola generazione all’anno. Al contrario, nelle aree meridionali dell’areale nativo, come la Florida e nelle zone di recente colonizzazione quali le isole Turks & Caicos, può arrivare a compiere cinque o più generazioni. In Italia *T. parvicornis* è in grado di compiere da tre a quattro generazioni all’anno.

Nelle isole Turks & Caicos, le condizioni climatiche favorevoli hanno permesso a *T. parvicornis* di completare numerose generazioni all’anno, determinando elevate infestazioni che hanno provocato, nel corso di un decennio, il declino di oltre il 95% del pino endemico *Pinus caribaea* var. *bahamensis* con conseguenti effetti a cascata sull’intero ecosistema.

In Italia, la difesa dei pini dalla cocciniglia tartaruga si basa attualmente quasi esclusivamente su applicazioni endoterapiche, che presentano tuttavia gravi limitazioni pratiche. Tali trattamenti possono essere effettuati solo su esemplari di particolare valore paesaggistico, ambientale o turistico-ricreativo per le considerevoli limitazioni economiche e operative. Inoltre, la loro efficacia è limitata nel tempo, rendendo necessari interventi ripetuti nel corso degli anni. Secondo il Piano di Azione Nazionale (PAN), i trattamenti endoterapici sono vietati in contesti forestali, rendendo impossibile affidarsi a queste tecniche per la protezione delle pinete su larga scala. L’assenza di strategie alternative praticabili rende pertanto fondamentale valutare il controllo delle popolazioni infestanti attraverso approcci di lotta biologica.

In Italia sono stati individuati alcuni antagonisti naturali in grado di attaccare la cocciniglia tartaruga del pino. Tra le specie predatrici di maggiore interesse figurano *Exochomus quadripustulatus* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) autoctona in Europa e *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Coleoptera: Coccinellidae), di origine australiana, oltre al parassitoide *Metaphycus flavus* How. (Hymenoptera: Encyrtidae). Tuttavia, allo stato attuale, le specie citate non mostrano una efficace capacità di contenimento delle popolazioni di *T. parvicornis*, le quali continuano a mostrare un andamento epidemico e a diffondersi sul territorio italiano.

Nell'areale di origine, predatori e parassitoidi comprendono un diversificato complesso di antagonisti naturali della cocciniglia tartaruga del pino. Tra i parassitoidi si annoverano specie afferenti al genere *Aphytis*, *Coccophagus* ed *Encyrtus*, oltre alla specie cosmopolita *M. flavus*, mentre tra i predatori, la maggioranza è costituita da coccinelle, principalmente appartenenti al genere *Hyperaspis* e dal lepidottero *Laetilia coccidivora* (Comstock) (Lepidoptera: Pyralidae).

Il CREA, in risposta alle criticità delle infestazioni in Italia e su mandato del Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste (MASAF-DISR V Servizio Fitosanitario Centrale), ha avviato ricerche finalizzate all'individuazione di potenziali antagonisti naturali nell'areale di origine di *T. parvicornis* al fine di sviluppare un programma di Lotta Biologica Classica. Le indagini hanno coperto l'intero Nord America, al fine di individuare areali idonei per condurre studi mirati su popolazioni della cocciniglia in ambiente forestale. A seguito di quanto rilevato nella Isole Turks & Caicos, in cui ricercatori avevano osservato in anni recenti un'attività predatoria in aumento sulle popolazioni di cocciniglia accidentalmente introdotte è stata effettuata una missione esplorativa per condurre osservazioni in campo e prelevare eventuali antagonisti naturali. Le attività di ricerca condotte sul posto hanno permesso di individuare un predatore coccinellide, fino ad allora mai raccolto in queste isole, afferente alla specie

Thalassa montezumae Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) (Fig. I). Questa coccinella, originaria dell'areale meridionale del Nord America (Stati Uniti meridionali e Messico settentrionale) ha mostrato nelle sperimentazioni realizzate sia in natura che in laboratorio nelle Isole Turks & Caicos una elevata capacità predatoria nei confronti della Cocciniglia tartaruga del pino. Sulla base dei risultati preliminari, esemplari di *T. montezumae* sono stati introdotti in Italia in condizioni di quarantena previa acquisizione di tutte le autorizzazioni nazionali e internazionali. Con gli esemplari raccolti e trasportati nel Laboratorio di Entomologia di Firenze dell'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante è stato avviato un programma di studi in ambiente confinato, finalizzato alla valutazione del rischio e del potenziale impatto su specie non target, al fine di predisporre una "Analisi del rischio" per la richiesta di immissione in natura di questo Agente di Controllo Biologico (ACB). I test condotti hanno permesso di evidenziare caratteristiche tali da ritenere *T. montezumae* un potenziale agente di controllo utilizzabile in un Programma Nazionale di Lotta Biologica, in quanto unitamente alla capacità di predazione nei riguardi della specie target è emersa nelle prove condotte per verificare il potenziale impatto ambientale un basso rischio ambientale per le specie non-target. Sono stati realizzati al riguardo anche studi di modellistica con il software CLIMEX e indagini comportamentali ed ecologiche al fine di acquisire i necessari elementi di valutazione prima della liberazione in natura. Si evidenzia a quest'ultimo riguardo che lo studio della distribuzione potenziale ha permesso di rilevare l'idoneità degli ambienti dove sono presenti pinete mediterranee per lo sviluppo di popolazioni di *T. montezumae* fornendo un ulteriore elemento a favore del suo utilizzo nelle aree con presenza in ambito urbano e periurbano e nelle formazioni forestali di *Pinus pinea* L. e *P. pinaster* Aiton, dove con maggiore drammaticità si stanno manifestando gli effetti dell'invasione biologica di *T. parvicornis*.



Fig. I – Adulti di *Thalassa montezumae* Mulsant in attività di predazione su *Toumeyella parvicornis* (Cockerell).

BIBLIOGRAFIA

- CLARKE S.R., 2013 - *Pine tortoise scale*. Forest Insect & Disease Leaflet 57. US Department of Agriculture, Forest Service, pp.1-8.
- DUEÑAS-LÓPEZ M.A., 2022 - *Toumeyella parvicornis (pine tortoise scale)*. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/54232>.
- GARONNA A.P., FOSCARI A., RUSSO E., JESU G., SOMMA S., CASCONI P., GUERRIERI E., 2018 - *The spread of the non-native pine tortoise scale Toumeyella parvicornis (Hemiptera: Coccidae) in Europe: a major threat to Pinus pinea in Southern Italy*. - iForest, 11(5), 628-634. <https://dx.doi.org/10.3832/for2864-011>
- GIOVANNINI L., MAZZA G., SABBATINI PEVERIERI G., IOVINELLA I., MANCO B. N., PROSPER D., BLAISE J., MAY C., VANDENBERG N., MARIANELLI L., ROVERSI, P. F., 2024 - *Classical biological control of Toumeyella parvicornis: challenges and opportunities for a potential candidate*. - Redia: Journal of Zoology/Giornale di Zoologia, 107. <https://dx.doi.org/10.19263/REDIA-107.24.08>
- GORDON R. D., 1985 - *The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico*. - Journal of the New York Entomological Society, 93(1), pp. 1-912.
- MALUMPHY C., HAMILTON M.A., MANCO B.N., GREEN P.W.C., SANCHEZ M.D., CORCORAN M., SALAMANCA E., 2012 - *Toumeyella parvicornis (Hemiptera, Coccidae) causing severe decline of Pinus caribaea var. bahamensis in the Turks and Caicos Islands*. - Florida Entomologist, 95(1),113-119. <https://doi.org/10.1653/024.095.0118>
- MIPAAF, 2021 - *Decreto 3 giugno 2021, Misure fitosanitarie di emergenza ai fini del contrasto dell'organismo nocivo Toumeyella parvicornis (Cockerell) (Cocciniglia tartaruga)*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 21-7-2021 Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale n.173, pp. 7-18.

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 indica-

ti: (Ramackers, 1983) o Ramackers (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.