



ATTI
DELLA
ACCADEMIA
NAZIONALE ITALIANA
DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI
Anno LXXII
2024



FIRENZE

ATTI
DELLA
ACCADEMIA
NAZIONALE ITALIANA
DI ENTOMOLOGIA

RENDICONTI

Anno LXXII

2024



FIRENZE

ISSN 0065-0757

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

Coordinatore della Redazione: *Dr. Roberto Nannelli*

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

INDICE

Rendiconti

Consiglio di Presidenza	Pag.	7
Elenco degli Accademici	»	8
Verbalì delle adunanze del 16 e 17 febbraio 2024	»	11
Verbalì delle adunanze del 13 e 14 giugno 2024	»	16
Verbalì delle adunanze del 15 e 16 novembre 2024	»	21

Commemorazioni

GAVINO DELRIO E ANDREA LENTINI – <i>Commemorazione</i>	
PIETRO LUCIANO, 1952-2023	» 29
MARIA LUISA DINDO – <i>Commemorazione</i>	
EGIDIO MELLINI, 1924-2024	» 35
CESARE BELLÒ E MAURIZIO BIONDI – <i>Commemorazione</i>	
GIUSEPPE BARTOLOMEO OSELLA, 1936-2022	» 45

Lecture

MASSIMO CRISTOFARO – <i>Nuovi approcci per la tecnica dell'insetto sterile (sit) in programmi di lotta contro Rhynchophorus ferrugineus, Halyomorpha halys e Drosophila suzukii</i>	» 67
GENNARO VIGGIANI – <i>Un sessantennio tra i lilliput degli insetti: i Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)</i>	» 77
GIOVANNI BURGIO – <i>Strategie di habitat management su scala aziendale per la gestione dei fitofagi e la conservazione della biodiversità</i>	» 87

Tavola Rotonda su:

INTEGRAZIONE DI SEMIOCHIMICI E SEMIOFISICI PER LO SVILUPPO DI SISTEMI INNOVATIVI MULTIMODALI PER LA PROTEZIONE, IL MONITORAGGIO E IL CONTROLLO DI INSETTI DI INTERESSE AMBIENTALE ED AGRARIO	» 91
VALERIO MAZZONI, RACHELE NIERI, MARCO VALERIO ROSSI-STACCONI, CLAUDIO IORIATTI, GIANFRANCO ANFORA – <i>Collegare la biotremologia e la chimica ecologica: la proposta di un nuovo lessico per la comunicazione vibrazionale tra organismi</i>	» 93
ALENKA ŽUNIČ-KOSI - ROK ŠTURM - AL VREZEC - META VIRANT DOBERLET – <i>scoprire le famiglie di insetti attraverso i loro segnali di comunicazione</i>	» 97
DANIELE CORNARA – <i>Much ado about something: sfruttare il linguaggio degli insetti per interferire con la trasmissione di agenti patogeni da parte di afidi e sputacchine</i>	» 103
ALESSANDRO CINI – <i>Plasticità e multimodalità nella comunicazione delle vespe cartonaie</i>	» 107
DAVIDE RASSATI, LAURA BESANA, GIACOMO CAVALETTO, GIACOMO SANTOIEMMA – <i>Integrazione di stimoli visivi nei protocolli di monitoraggio di coleotteri del legno</i>	» 113
RACHELE NIERI, KÜRŞAT MUSTAFA TEMEL, RUDY PLARRE, GIANFRANCO ANFORA – <i>Vibrazioni nell'armadio: la comunicazione vibrazionale di tarli e tarme</i>	» 119

Tavola Rotonda su:

BIOLOGICAL CONTROL OF THREATS TO THE BIOSECURITY OF AGRICULTURAL AND FORESTRY SYSTEMS: ITALIAN PROJECTS AND INNOVATIVE STRATEGIES	» 123
GONZALO A. AVILA – <i>Pre-emptive biocontrol as a new tool to maximize preparedness for high-risk pests</i>	» 125
GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI, PIO FEDERICO ROVERSI – <i>The outputs of the classical biological control strategy to Halyomorpha halys in Italy</i>	» 129
MARCO VALERIO ROSSI STACCONI, GIANFRANCO ANFORA, ALBERTO GRASSI, LORENZO FELLIN, SIMONE PUPPATO, CLAUDIO IORIATTI – <i>Limiti e prospettive nell'implementazione della lotta biologica classica di D. suzukii in Italia a quattro anni dal primo rilascio</i>	» 133
CHIARA FERRACINI, ALBERTO ALMA – <i>The success of Torymus sinensis: an effective biocontrol agent for the Asian chestnut gall wasp</i>	» 137
LUCREZIA GIOVANNINI, GIUSEPPE MAZZA, GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI, IMMACOLATA IOVINELLA, BRYAN NAQQI MANCO, DODLY PROSPER, JUNEL BLAISE, CHRISTOPHER MAY, NATALIA VANDENBERG, LEONARDO MARIANELLI, PIO FEDERICO ROVERSI – <i>Exploring potential biocontrol agents of the invasive scale Toumeyella parvicornis (Hemiptera: Coccidae)</i>	» 143

LEONARDO MARIANELLI, GIUSEPPE MAZZA, IMMACOLATA IOVINELLA, FRANCESCO PAOLI, LEONARDO ANCILLOTTO, AGOSTINO STRANGI, GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI, CHIARA SCIANDRA, FRANCESCO BARBIERI, CLAUDIA BENVENUTI, STEFANIA SIMONCINI, GIAN PAOLO BARZANTI, EUSTACHIO TARASCO, PIO FEDERICO ROVERSI, GIULIA TORRINI – <i>Biological control of Popillia japonica using an indigenous strain of Heterorhabditis bacteriophora: from nematode isolation to non-target risk assessment.</i> »	147
SAURO SIMONI, FRANCA TARCHI, DONATELLA GOGGIOLI, SILVIA GUIDI, MARISA CASTAGNOLI, MARIALIVIA LIGUORI, ROBERTO NANNELLI, GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI, ELENA GAGNARLI, SIMONE UGO MARIA BREGAGLIO – <i>A twenty years path through biological control of yellow spider mite in vineyards: evidences and perspectives.</i> »	151

Tavola Rotonda su:

GLI PSEUDOCOCCIDI DELLA VITE: RECENTI ACQUISIZIONI SU BIO-ECOLOGIA, COMPORTAMENTO E CONTROLLO »	157
KENT M. DAANE, NATHAN MERCER, DAVID HAVILAND, JAMES BROWN, MICHAEL LOPEZ – <i>Controls for vine mealybug during a period of shrinking insecticide options.</i> »	159
GIUSEPPINA PELLIZZARI, AGATINO RUSSO – <i>Planococcus ficus e gli altri pseudococcidi della vite in Italia.</i> »	165
POMPEO SUMA, GAETANO SISCARO, GAETANA MAZZEO – <i>Use of pheromone traps in vineyards and effects on Anagyrus spp.</i> »	171
ARTURO COCCO, RENATO RICCIARDI, GIOVANNI BENELLI, ANDREA LENTINI, ANDREA LUCCHI – <i>La gestione colturale del vigneto e la tecnica della confusione sessuale nel contenimento delle infestazioni di Planococcus ficus (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Italia.</i> »	173
ALBERTO POZZEBON, GABRIELLA LO VERDE, ERNESTO RAGUSA, THOMAS GIORDANO, ARTURO COCCO, ANDREA LENTINI, HARALABOS TSOLAKIS, CARLO DUSO – <i>Esperienze di controllo biologico e linee di difesa integrata nei confronti di Planococcus ficus.</i> »	177
GIOVANNI BURGIO, LUISA CASOLI, DONATO GRASSO, EMILIO GUERRIERI, SERENA MAGAGNOLI, MARCO PROFETA, MARTINA PARRILLI – <i>Controllo biologico aumentativo di cocciniglie farinose (Rhynchota: Pseudococcidae) su scala territoriale: efficacia degli entomofagi e gestione delle formiche.</i> »	181

Tavola Rotonda su:

CONTRIBUTI PER LA REALIZZAZIONE DI UN INDICE IN ENTOMOLOGIA URBANA. »	185
PASQUALE TREMATERRA – <i>Contributi alla realizzazione di un indice in entomologia urbana.</i> »	187
MARZIO ZAPPAROLI – <i>L'ecosistema urbano.</i> »	189
RINALDO NICOLI ALDINI – <i>Invertebrati intrusi nelle abitazioni e negli ambienti collettivi: gli esapodi.</i> »	201
SAURO SIMONI – <i>Invertebrati intrusi nelle abitazioni e negli ambienti collettivi: acari.</i> »	209
SARA SAVOLDELLI, LUCIANO SÜSS – <i>Riflessioni su insetti infestanti le derrate.</i> »	217
EZIO PERI, MARIA CRISTINA REGUZZI – <i>Insetti dannosi a biblioteche, archivi e manufatti lignei: casi studio per la gestione e tutela dei beni.</i> »	221
LUCIANO TOMA, ANNA MARIA FAUSTO – <i>Gli artropodi in città: importanza medico-veterinaria e tutela della biodiversità urbana.</i> »	227
COSTANZA JUCKER, ANDREA BATTISTI – <i>Gli insetti del verde urbano e loro gestione.</i> »	231
DARIO CAPIZZI – <i>Mammiferi in città: ecologia, impatto e gestione.</i> »	235
MARCO DINETTI – <i>Specie problematiche? opportuniste? la gestione degli uccelli in città, per migliorare il rapporto di convivenza.</i> »	239
GIUSEPPE SPINA – <i>Considerazioni nella lotta agli infestanti in ambito urbano.</i> »	243
PHD SUMMER SCHOOL “MARCELLO LA GRECA” SU “BIODIVERSITY”. »	247

ANNO ACCADEMICO
2024

CONSIGLIO DI PRESIDENZA

PRESIDENTE

PENNACCHIO PROF. DOTT. FRANCESCO

VICE-PRESIDENTE

FAUSTO PROF. DOTT.SA ANNA MARIA

SEGRETARIO

CERVO PROF. DOTT.SA RITA

TESORIERE

NANNELLI DOTT. ROBERTO

ELENCO DEGLI ACCADEMICI

ACCADEMICI SENIORES

ARZONE Prof. Dott. Alessandra ¹	– Torino	1984
BALLETTO Prof. Dott. Emilio	– Torino	2016 - 2020
BARBAGALLO Prof. Dott. Sebastiano	– Catania	1982
BINAZZI Dott. Andrea	– Firenze	1998 - 2011
BONVICINI PAGLIAI Prof. Dott. Anna	– Modena	1983 - 2001
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
MELLINI Prof. Dott. Egidio ²	– Bologna	1962 - 1972
MINELLI Prof. Alessandro	– Padova	1986 - 1993
NANNELLI Dott. Roberto	– Firenze	1998 - 2005
NUZZACI Prof. Dott. Giorgio	– Bari	1988 - 1994
OLMI Prof. Dott. Massimo ³	– Viterbo	2002 - 2013
PELLIZZARI Prof. Giuseppina	– Padova	2011 - 2018
RAGUSA DI CHIARA Prof. Dott. Salvatore	– Palermo	1993 - 2000
ROTUNDO Prof. Dott. Giuseppe	– Campobasso	1999 - 2010
SANTINI Prof. Dott. Luciano	– Pisa	1993 - 2000
SBORDONI Prof. Dott. Valerio ⁴	– Roma	1986
SOLINAS Prof. Dott. Mario	– Perugia	1978
SÜSS Prof. Dott. Luciano	– Milano	1987 - 1993
TRANFAGLIA Prof. Dott. Antonio	– Potenza	1993 - 2021
TRIGGIANI Prof. Oreste ⁵	– Bari	2001 - 2011

ACCADEMICI ORDINARI

ALMA Prof. Dott. Alberto	– Torino	2007 - 2013
AUDISIO Prof. Paolo Aldo	– Napoli	2004 - 2015
BALLERIO Dott. Alberto	– Brescia	2015 - 2020

1 - † 20 ottobre 2024
2 - † 30 gennaio 2024
3 - † 9 maggio 2024
4 - † 6 febbraio 2024
5 - † 9 giugno 2024

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
CRISTOFARO Dott. Massimo	– Roma	2014 - 2022
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
POGGI Dott. Roberto	– Genova	1989 - 1999
RAPISARDA Prof. Dott. Carmelo	– Catania	2005 - 2012
ROVERSI Prof. Dott. Pio Federico	– Firenze	2008
RUSSO Prof. Dott. Agatino	– Catania	2011 - 2017
TURILLAZZI Prof. Dott. Stefano	– Firenze	1989 - 2000
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
HARRIS Dott. Keit Murray ⁶	– Ripley, Woking (U.K.)	2002
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
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
CONTI Prof. Dott. Eric	– Perugia	2018
DANI Prof. Dott. Francesca Romana	– Firenze	2022
DAPPORTO Prof. Dott. Leonardo	– Firenze	2018
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
TAVELLA Prof. Dott. Luciana	– Torino	2018
TREMATERRA Prof. Dott. Pasquale	– Campobasso	2021
TSOLAKIS Prof. Dott. Haralabos	– Palermo	2018
VANIN Prof. Dott. Stefano	– Huddersfield (UK)	2018
ZAPPALÀ Prof. Dott. Lucia	– Catania	2019
ZILLI Dott. Alberto	– Londra	2024

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

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 16 E 17 FEBBRAIO 2024

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

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 16 febbraio 2024 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/webinar/register/WN_NQRD4uJuRdG2Cs3Fzz1Rtw) iniziano i lavori della Seduta pubblica:

Sono presenti i seguenti Accademici:

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

Ordinari: P. BRANDMAYR, R. CERVO, S. COLAZZA, M. CRISTOFARO, E. DE LILLO, A.M. FAUSTO, I. FLORIS, A. LUCCHI, R. NANNELLI, F. NAZZI, G. PELLIZZARI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI, M.C. DIGILIO, R. POGGI, S. MAINI

Straordinari: G. ANFORA, L. BEANI, S. BONELLI, M. CASARTELLI, B. CONTI, M.L. DINDO, C. DUSO, D.A. GRASSO, E. PERI, G. SABBATINI, L. TAVELLA, S. SIMONI, S. VANIN, S. ANGELI, E. MAZZONI, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ, M. FACCOLI, P. TREMATERRA

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: M. COBOLLI, P. CRAVEDI, L. SANTINI

Ordinari, A. ALMA, A. BALLERIO, A. BATTISTI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, A. CASALE, F. FRATI, G. GARGIULO, A. MINELLI, A. DI PALMA, G. S. GERMINARA, P. ROVERSI,

Straordinari, L. BARTOLOZZI, F.R. DANI, E. CONTI, A. DELLA TORRE.

Onorari: R. DALLAI

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

Il tema della Tavola Rotonda verte su “*Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario*”.

Coordinata dall'Accademico Gianfranco ANFORA

Ore 14:00-14:10 Saluti del Presidente Francesco PENNACCHIO

Ore 14:10-14:20 Introduzione di Gianfranco ANFORA

Interventi:

- Valerio MAZZONI (Fondazione Edmund Mach, Trento): Collegare la biotremologia e la chimica ecologica: la proposta di un nuovo lessico per la comunicazione vibrazionale tra organismi: alcuni casi studio.
- Alenka ŽUNIC KOSI, Rok ŠTURM, Al VREZEC e Meta VIRANT DOBERLET (National Institute of Biology, Ljubljana, Slovenia): Unraveling insect communities through their communication signal.
- Daniele CORNARA (Università di Bari): Much ado about something: sfruttare il linguaggio degli insetti per interferire con la trasmissione di agenti patogeni da parte di afidi e sputacchine.
- Alessandro CINI (Università di Pisa): Plasticità e multimodalità nella comunicazione delle

vespe cartonaie.

- Davide RASSATI (Università di Padova): Integrazione di stimoli visivi nei protocolli di monitoraggio di coleotteri del legno.
- Rachele NIERI (Università di Trento): Vibrazioni nell'armadio: la comunicazione vibrazionale di tarli e tarme.

Discussione e conclusioni. Conduce la discussione Gianfranco ANFORA

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 17 febbraio 2024 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/webinar/register/WN_sUrbQc2ESKyUV5HqCXORFw. Come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, A. BINAZZI, B. MASSA, S. LONGO

Ordinari: M.A. BOLOGNA, P. BRANDMAYR, R. CERVO, S. COLAZZA, M. CRISTOFARO, E. DE LILLO, A.M. FAUSTO, I. FLORIS, R. NANNELLI, F. NAZZI, G. PELLIZZARI, F. PENNACCHIO, C. RAPISARDA, S. TURILLAZZI, A. RUSSO, A. BALLERIO, S. MAINI

Straordinari: G. ANFORA L. BEANI, S. BONELLI, G. BURGIO, M. CASARTELLI, L. DAPPORTO, A. DI GIULIO, M.L. DINDO, C. DUSO, A. P. GARONNA, D.A. GRASSO, E. MAZZONI, E. PERI, G. SABBATINI, L. TAVELLA, S. SIMONI, S. VANIN, S. ANGELI, M. MONTAGNA, H. TSOLAKIS, G. SISCARO, L. ZAPPALÀ, V. PALMERI, M. FACCOLI

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: M. COBOLLI, P. CRAVEDI, L. SANTINI

Ordinari: A. ALMA, A. BATTISTI, D. BOSCO, A. CASALE, M.C. DIGILIO, F. FRATI, G. GARGIULO, A. MINELLI, A. DI PALMA, G. S. GERMINARA, R. POGGI, P. ROVERSI, M. ZAPPAROLI

Straordinari: L. BARTOLOZZI, F.R. DANI, B. CONTI, E. CONTI, P. TREMATERRA, A. DELLA TORRE.

Onorari: R. DALLAI

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria dell'11 novembre 2023, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente informa sulla possibilità di organizzare le prossime adunanze di giugno a Napoli in occasione della cerimonia/conferenza che si terrà presso l'Università Federico II per il vincitore del premio Silvestri. Il Presidente illustra come verrà organizzato l'evento di Napoli (giovedì pomeriggio assemblee e seduta pubblica con lettura e commemorazione; venerdì mattina consegna Premio Silvestri e conferenza vincitore poi inizio Tavola rotonda - Pausa pranzo - Tavola rotonda con termine nella prima metà del pomeriggio).
- Il Presidente ricorda il corso "Methods in DNA taxonomy: a special focus on insects" organizzato dall'Accademico MATTEO MONTAGNA che si terrà all'Università Federico II il 22-24 aprile

prossimi. Il Presidente invita l'Accademico MATTEO MONTAGNA ad illustrare l'organizzazione e i contenuti del corso. L'Accademico MATTEO MONTAGNA prende la parola e fornisce all'Assemblea maggiori dettagli circa l'organizzazione e i temi che verranno trattati nel corso.

- Il Presidente invita nuovamente gli Accademici ad aggiornare il proprio CV sul sito dell'Accademia. Gli eventuali aggiornamenti dovranno essere inviati alla Segretaria.
- Il Presidente informa che si sta procedendo all'organizzazione della Summer School “Biodiversity” in onore di MARCELLO LA GRECA. Il Presidente dà la parola all'Accademico CARMELO RAPISARDA per maggiori informazioni sull'evento. L'Accademico CARMELO RAPISARDA prende la parola e informa che l'evento avrà luogo a Catania tra il 23 e il 28 settembre 2024 e sarà legato al programma Erasmus Plus. L'evento sarà indirizzato a studenti e dottorandi e fornirà 5 giorni di didattica in presenza ed un giorno di didattica a distanza. Al momento sono coinvolte 3 Università straniere.
- Il Presidente informa l'Assemblea che siamo stati contattati dall'Accademia dei Georgofili per chiedere un incontro informale per discutere la possibilità di iniziative comuni che dovrebbero essere ampiamente divulgate e avere grande visibilità.
- Il Presidente informa l'Assemblea che l'ANIE ha acquistato, come era stato preannunciato durante le assemblee di novembre, un impianto audio visivo.

3) Pubblicazioni dell'Accademia

- Il Presidente informa relativamente alla stampa del volume degli Atti dell'Accademia del 2023 e sollecita i colleghi che ancora non lo avessero ancora fatto di consegnare i contributi per la stampa del volume.
- Il Presidente descrive lo stato di avanzamento del progetto editoriale per la piattaforma didattica. I volumi su Fisiologia e morfologia, Riproduzione e sviluppo stanno procedendo come pure quelli su Entomologia medica e Entomologia urbana.

4) XXVIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia

Il Presidente informa l'Assemblea che l'organizzazione del Congresso, programmato per giugno 2025 a Siena, stà procedendo.

5) Fauna d'Italia

Il Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia (CSFI), Accademico Ordinario Marco A. Bologna, ricorda all'assemblea che la composizione del Comitato si è recentemente rinnovata con colleghi proposti dall'ANIE e dall'UZI che si sono insediati e partecipano alle attività del CSFI. Vengono poi riferite le attività ultimamente svolte.

1. Risoluzione del rapporto con la casa editrice New Business Media Edagricole. A seguito di una serie di incontri intercorsi con i rappresentanti della storica casa editrice Calderini e dell'accordo tra le parti (Comitato, Enti Promotori e Casa editrice) a cui si è giunti l'11 marzo 2024, si è convenuto di risolvere consensualmente tutte le intese relative alla Vecchia Collana “Fauna d'Italia”, risalenti al 1954 e formalizzate nel 1975, relative alla stampa della collana stessa. Si è altresì convenuto che il Comitato possa proseguire a pubblicare una collana di monografie dedicate alla fauna italiana utilizzando la denominazione “Fauna d'Italia – Nuova Serie”, con numerazione autonoma e con un altro editore a sua scelta.

Bologna comunica che sono in fase di conclusione dei contatti in corso tra il CSFI e la casa editrice Belvedere di Latina, con la quale si vorrebbe stampare i volumi della “Fauna d'Italia – Nuova Serie”. Tale casa editrice è apprezzata a livello nazionale per l'indirizzo naturalistico della sua produzione e per le garanzie di qualità e di diffusione che offre. Un formale accordo di collaborazione è in fase di sottoscrizione da parte dei presidenti CSFI, ANIE e UZI.

Il Segretario menziona con riconoscenza il continuativo supporto legale fornito in entrambe le circostanze dall'avv. Alberto Ballerio (Genova), Accademico Ordinario.

2. Pubblicazioni. Il Segretario informa che l'ultimo volume pubblicato della vecchia collana “Fauna d'Italia” è stato il volume 54, Lepidoptera Papilionoidea, di Emilio Balletto, Francesco

Barbero, Simona Bonelli, Luca Casacci e Leonardo Dapporto. Si tratta di un'importante monografia di oltre 850 pagine, con chiavi dicotomiche bilingui, italiano e inglese, testi in italiano, tavole b/n e foto a colori delle specie trattate. Ai ropaloceri saranno dedicati altri volumi (almeno due) che saranno pubblicati nella "Nuova Serie" della stessa collana. Il secondo volume su questi insetti è pressoché pronto per le stampe.

In fase di avanzata preparazione è, inoltre, il secondo volume dedicato agli imenotteri sinfiti, di Fausto Pesarini. Sono in preparazione anche altre monografie, quali quella sui policheti sabelidi, di Adriana Giangrande e collaboratori, sui condroitti, di Fabrizio Serena e collaboratori, sui neuroterroidei, di Roberto Pantaleoni e collaboratori, sui dermatteri, di Paolo Fontana e collaboratori

3. Aggiornamento della checklist della Fauna d'Italia. Prosegue il lavoro di aggiornamento della checklist della fauna italiana in collaborazione con Lifewatch Italia. Tale checklist sarà liberamente fruibile on line sulla piattaforma di LW. Attualmente, tale piattaforma è in fase di implementazione. Nel frattempo, sono stati pubblicati su "Biogeographia. The Journal of Integrative Biogeography", i *datapaper* relativi a Odonata, Diptera Simuliidae, Hymenoptera Formicidae, Coleoptera Elateridae, Mecoptera, Ascidiacea, Mollusca (marini). Si ringrazia Diego Fontaneto, Editor-in-Chief di questa rivista, per l'incoraggiamento e la facilitazione della pubblicazione di questi contributi.

Il Presidente del CSFI chiude il suo intervento ringraziando l'ANIE per il continuo sostegno alle sue attività editoriali e ricordando la necessità di poter ricevere un contributo economico come avvenuto fino ad alcuni anni orsono.

6) Proclamazione e consegna dei diplomi ai nuovi Accademici

Vengono consegnati i diplomi ai nuovi Accademici: SERGIO ANGELI, ALESSANDRA DELLA TORRE, M. MONTAGNA. Vengono consegnati inoltre i diplomi rimasti in giacenza.

7) Conferma programma delle Sedute per l'A.A. 2024 e del 2025

Il Presidente illustra il programma delle prossime sedute dell'Accademia e chiede conferma delle date e di titoli:

Sedute di Giugno 2024 che si terrà a Napoli

Tavola Rotonda su Lotta Biologica dal titolo "*Biological Control: international framework and Italian projects.*" coordinata dall'Accademico PIO ROVERSI

Lettura su "Un sessantennio tra i lilliput degli insetti: i Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)" tenuta dall'Accademico G. VIGGIANI

Sedute di Novembre 2024

Tavola Rotonda "Contributi per la realizzazione di un indice di Entomologia urbana" coordinata dall'Accademico P. TREMATERRA

Lettura su "Strategie di habitat management su scala aziendale per potenziare il controllo biologico conservativo" tenuta dall'Accademico G. BURGIO

Sedute di febbraio 2025

Tavola Rotonda "New and emerging forest pests in Europe: causes, challenges and perspectives" coordinata dall'Accademico M. FACCOLI

Lettura su "La chemical ecology degli insetti: nuovi approcci per il controllo sostenibile delle specie dannose" tenuta dall'Accademico S. ANGELI.

Sedute di novembre 2025

Tavola Rotonda con titolo da definire coordinata dagli Accademici F. FRATI e A. CARAPELLI

Lettura su "La conservazione delle farfalla alla luce delle sfide e delle opportunità offerte strategia Europea 2030" dell'Accademica S. BONELLI

Inoltre si sta organizzando una Tavola Rotonda su "Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo" per la fine di ottobre 2024 che sarà coordinata dagli Accademici H. TSOLAKIS e C. DUSO.

8) Varie ed eventuali

Il Presidente invita gli Accademici a proporre ulteriori Tavole Rotonde e Letture per le future sedute dell'Accademia

Vengono proposte inoltre dagli Accademici presenti una Tavola Rotonda sulla Citizen Science e una sugli Insetti e i beni culturali. Altri accademici invieranno titoli di letture per posta elettronica alla Segretaria.

SEDUTA PUBBLICA - ore 10.30

Lettura: “Nuovi approcci per l'utilizzo della Tecnica dell'Insetto Sterile (SIT) in programmi di lotta contro il punteruolo rosso (*Rhynchophorus furrugineus*), due specie di pentatomidi e *Drosophila suzukii*.” da parte dell'Accademico Massimo CRISTOFARO

Commemorazione dell'Accademico Pietro LUCIANO da parte di Andrea LENTINI
e dell'Accademico Gavino DELRIO

ASSEMBLEA ORDINARIA - ore 11:30

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

O.d.g.

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente (11 novembre 2023)

Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria dell'11 novembre 2023, 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: 5 posti; Ordinari: 7 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; 4 di Accademico Ordinario e 1 posto di Accademico Onorario.

3) Esame e approvazione conto consuntivo anno finanziario 2023

Prende la parola l'Accademico Roberto NANNELLI, in qualità di Tesoriere dell'Accademia, illustrando il Bilancio Consuntivo per l'a.f. 2023 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 ed approva all'unanimità.

4) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 12.00

Firenze, 17 febbraio 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 13 E 14 GIUGNO 2024

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

ASSEMBLEA PLENARIA

Giovedì 13 giugno 2024 alle ore 15:00 a Napoli presso l'Aula Pessina del Rettorato dell'Università di Napoli Federico II e per via telematica su piattaforma ZOOM <https://us06web.zoom.us/j/82421425552?pwd=U7h3vWxRb4kdd0J3cdtlmvJuHtMlIG.1> come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. COBOLLI, C. MALVA, B. MASSA;

Ordinari: A. ALMA, A. BATTISTI, M. A. BOLOGNA, R. CERVO, S. COLAZZA, E. DE LILLO, C. DIGILIO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, D.G. GARGIULO, A. LUCCHI, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI;

Onorari: G. VIGGIANI

Straordinari: S. ANGELI, G. BURGIO, M. CASARTELLI, B. CONTI, E. CONTI, M.L. DINDO, C. DUSO, A. P. GARONNA, E. MAZZONI, M. MONTAGNA, V. PALMERI, E. PERI, S. SIMONI, G. SISCARO, P. TREMATERRA, L. TAVELLA, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: S. RAGUSA DI CHIARA, L. SANTINI;

Onorari: R. DALLAI;

Ordinari: A. BALLERIO, A. DI PALMA, G.S. GERMINARA; F.P. ROVERSI

Straordinari: L. BEANI, G. SABBATINI, D. GRASSO, S. ANGELI

Viene discusso il seguente Ordine del Giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria dell'17 febbraio 2024, già inviato a suo tempo per posta elettronica agli Accademici. Il verbale viene approvato all'unanimità.

2) Comunicazioni del Presidente

- Il Presidente porta i saluti dell'Accademico ROMANO DALLAI che per motivi personali non ha potuto partecipare.
- Il Presidente espone un breve resoconto sul corso di “Methods in DNA taxonomy: a special focus on insects” organizzato dall'Accademico MATTEO MONTAGNA tra il 22 e il 24 aprile scorsi. Il corso ha avuto un notevole successo con circa 30 iscritti. Con le quote di iscrizione al corso (che ammontavano a 100 euro) sono state coperte le spese.
- Visto il successo di questo corso, il Presidente sollecita gli Accademici a proporre e ad organizzare nuove iniziative/corsi per dottorandi.
- Il Presidente fa un veloce aggiornamento anche sulla Summer School di Biodiversità in memoria dell'Accademico MARCELLO LA GRECA che si terrà a Catania il prossimo settembre e invita l'Accademica LUCIA ZAPPALÀ a fornire maggiori dettagli. L'Accademica LUCIA ZAPPALÀ

spiega che la Summer School si è trasformata in un programma Erasmus con il coinvolgimento di partner stranieri e che sono previste 7 sessioni e un field trip. La Summer School si terrà in presenza dal 23 al 27 settembre prossimi e proseguirà con sessioni on line il 2 e il 9 ottobre.

- Il Presidente informa l'Assemblea che si è proceduto a far tradurre i contenuti del sito ANIE in inglese e che, a breve, sarà disponibile on line la versione inglese.

- Il Presidente chiede la disponibilità di qualche Accademico di seguire il sito e di aggiornarlo periodicamente.

- Il Presidente sollecita gli Accademici che ancora non l'avessero fatto ad aggiornare il proprio CV sul sito dell'Accademia.

- Il Presidente comunica che il Comune di Bevagna, città natale di Filippo Silvestri, ha organizzato una giornata in onore dello studioso in occasione della nascita per ricordarlo. Il Comune di Bevagna, inoltre, vorrebbe stipulare una convenzione con l'ANIE ed organizzare un evento per ricordare la figura dell'illustre entomologo e, se possibile, istituire dei premi (probabilmente in forma di borse di studio) per giovani ricercatori.

- Il Presidente informa che l'ANIE sta organizzando un evento congiunto con l'Accademia dei Georgofili. Per organizzare tale iniziativa è stato creato un gruppo di lavoro a cui partecipano gli Accademici STEFANO COLAZZA e ALBERTO ALMA in rappresentanza dell'ANIE. L'evento avrà la durata di una giornata.

- Il Presidente ricorda all'Assemblea ORESTE TRIGGIANI recentemente scomparso

3) Pubblicazioni dell'Accademia

Il Presidente descrive lo stato di avanzamento del progetto editoriale per la realizzazione dell'opera in più volumi curata dall'Editore Liguori.

4) XXVIII Congresso Nazionale di Entomologia di Siena

Il Presidente comunica che l'organizzazione del Congresso di Entomologia di Siena sta procedendo e dà la parola all'Accademico FRANCESCO FRATI per aggiornamenti sull'organizzazione. L'Accademico FRANCESCO FRATI comunica che il convegno si svolgerà tra il 16 e il 20 giugno 2025 al Polo scientifico-tecnologico di San Miniato che ha un'Aula Magna di 250 posti e 3-4 aule da 100-200 posti. La cena sociale è programmata alla Certosa di Pontignano e l'escursione entomologica, che si terrà l'ultimo giorno del convegno, al Parco Naturale della Maremma.

5) European PhD Meeting Insect Science 2024

- Il Presidente comunica che, come di consueto, si sta procedendo all'organizzazione del prossimo PhD Meeting Insect Science. Il Presidente chiede la disponibilità di due Accademici ad affiancare E. CONTI e M. CASARTELLI che ora ne gestiscono l'organizzazione.

6) Fauna d'Italia

- Il Presidente dà la parola all'Accademico Marco A. Bologna, Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia, per un aggiornamento sulle attività del CSFI. Il Presidente del Comitato Scientifico per la Fauna d'Italia (CSFI), Accademico Ordinario Marco A. Bologna, ricordando all'assemblea che la composizione del Comitato si è recentemente rinnovata riferisce le attività ultimamente svolte.

1. Accordo con la casa Editrice Belvedere. A seguito della rescissione dei rapporti con la Editrice Calderini (11 marzo 2024), sono stati sottoscritti degli accordi formali con la casa Editrice Belvedere di Latina, apprezzata a livello nazionale per l'indirizzo naturalistico della sua produzione e per le garanzie di qualità e di diffusione che offre. Si menziona ancora una volta il continuativo supporto legale fornito in entrambe le circostanze dall'avv. Alberto Ballerio, Accademico Ordinario. La collana si chiamerà "Fauna d'Italia – Nuova Serie"

2. Pubblicazioni. A seguito della stampa dell'ultimo volume della vecchia collana "Fauna d'Italia" (vol. 54, Lepidoptera Papilionoidea, di Emilio Balletto, Francesco Barbero, Simona Bo-

nelli, Luca Casacci e Leonardo Dapporto) è in fase di consegna il secondo volume sui papilionoidei che sarà il primo della nuova serie. Mancano alcune foto di stadi preimaginali.

In fase di avanzata preparazione è il secondo volume dedicato agli imenotteri sinfiti, di Fausto Pesarini. Sono in avanzata preparazione anche il volume sui policheti i sabellidi, di Adriana Giangrande e collaboratori, quello sui condroitti, di Fabrizio Serena e collaboratori, quello sui neuroterroidei, di Roberto Pantaleoni e collaboratori, ed altri, per i quali sarà effettuata una ricognizione a breve.

3. Aggiornamento della checklist della Fauna d'Italia. Prosegue il lavoro di aggiornamento della checklist della fauna italiana in collaborazione con Lifewatch Italia. La nuova checklist sarà liberamente fruibile on line sulla piattaforma di LW entro la fine dell'anno. Sono stati pubblicati su "Biogeographia. The Journal of Integrative Biogeography", alcuni datapaper relativi a diversi taxa, soprattutto di esapodi. Si ringrazia Diego Fontaneto, Editor-in-Chief di questa rivista, per il supporto alla pubblicazione di questi contributi.

Il Presidente del CSFI chiude il suo intervento ringraziando l'ANIE per il continuo sostegno alle sue attività editoriali e ringraziando per il previsto contributo economico che sarà finalizzato all'iconografia della Fauna.

7) Contributo ANIE alla Fauna d'Italia

- Il Presidente informa l'Assemblea sulla proposta che l'ANIE dia un contributo di 1000 euro per la pubblicazione di volumi della Fauna d'Italia utilizzando il Fondo MARCELLO LA GRECA per tenere viva la memoria di questo studioso; sui volumi verrà apposta una dedica all'Accademico MARCELLO LA GRECA sulla prima di copertina. Il Presidente ricorda che è doveroso comunicare tali decisioni alla Sig.ra La Greca.

8) Varie ed eventuali

Nessuna.

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 16,10

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

SEDUTA PUBBLICA

Lettura: "Un sessantennio tra i lilliput degli insetti: i Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)" tenuta dall'Accademico G. VIGGIANI

Commemorazione dell'Accademico E. MELLINI tenuta dagli Accademici M. L. DINDO, G. BURGIO, S. MAINI.

La seduta dell'Assemblea Pubblica è tolta alle ore 17

Napoli, 13 giugno 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

ASSEMBLEA ORDINARIA

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

O.d.g.

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Ordinaria del 17 febbraio 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 nei termini stabiliti il Consiglio di Presidenza ha ricevuto le proposte per nuovi Accademici ordinari (ERIC CONTI, LEONARDO DAPPORTO, LUCIANA TAVELLA, STEFANO VANIN) e straordinari (ALBERTO ZILLI, FRANCESCA BARBERO, PAOLO FONTANA). Il Presidente informa che è pervenuta anche la proposta per eleggere Xavier Bellés a nuovo Accademico Onorario e illustra agli Accademici presenti la figura di questo collega.
- Il Presidente fornisce agli Accademici presenti alcuni aggiornamenti riguardo alla situazione finanziaria dell'Accademia.

3) Varie ed eventuali

La seduta dell'Assemblea Ordinaria è tolta alle ore 17.45

Napoli, 13 giugno 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

SEDUTA PUBBLICA - venerdì 14 giugno 2024

a Napoli presso del Rettorato dell'Università di Napoli Federico II e per via telematica su piattaforma ZOOM solo per il pomeriggio <https://us06web.zoom.us/j/82421425552?pwd=U7h-3vWxRb4kdd0J3cdtImvJuHtMIIG.1> iniziano i lavori della Seduta pubblica:

Sono presenti i seguenti Accademici:

Seniores: E. BALLETO, M. COBOLLI, B. MASSA, S. RAGUSA DI CHIARA;

Ordinari: A. BATTISTI, M.A. BOLOGNA, S. COLAZZA, R. CERVO, E. DE LILLO, A. DI PALMA, A.M. FAUSTO, F. FRATI, G. S. GERMINARA, R. NANNELLI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, P.F. ROVERSI, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI;

Straordinari: G. ANFORA, G. BURGIO, M. CASARTELLI, M.L. DINDO, C. DUSO, A.P. GARONNA, E. MAZZONI, M. MONTAGNA, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, G. SISCARO, P. TREMATERRA, H. TSOLAKIS, L. ZAPPALÀ

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Onorari: R. DALLAI;

Ordinari: A. BALLERIO;

Straordinari: B. CONTI, L. BEANI, D.A. GRASSO, S. ANGELI

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

ore 10.30 Aula Magna Storica
Filippo Silvestri Memorial Award

Ore 14.00 Aula Pessina

Tavola Rotonda: “*Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies*”

Coordinata dall’Accademico Pio Federico ROVERSI

Ore 14:00-14:10 Saluti del Presidente Francesco PENNACCHIO

Ore 14:10-14:20 Introduzione dell’Accademico Pio Federico ROVERSI Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante (INRPP)

Interventi:

- B.C. FARAGLIA (MASAF, DISR V, Servizio Fitosanitario Centrale) - The Italian Phytosanitary Service and the Classic Biological Control Projects of Invasive Alien Insects.
- G. AVILA (New Zealand Institute for Plant and Food Research Limited) - Pre-emptive biocontrol as a new tool to maximize preparedness for high-risk pests: an overview of the concept, current status and future prospects
- G. SABBATINI PEVERIERI, L. GIOVANNINI, P.F. ROVERSI (CREA, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, INRPP) - The outputs of the classical biological control strategy to *Halyomorpha halys* in Italy
- M. V. ROSSI STACCONI, G. ANFORA, A. GRASSI, LORENZO FELLIN, S. PUPPATO, C. IORIATTI (Fondazione Edmund Mach, San Michele All’Adige Centro Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Trento) - Prospects and constraints in the implementation of *Drosophila suzukii* classical biological control in Italy three years after the first release
- C. FERRACINI, A. ALMA (Università di Torino – DISAFA) - The success of *Torymus sinensis*: an effective biocontrol agent for the Asian chestnut gall wasp
- L. GIOVANNINI, G. MAZZA, G. SABBATINI PEVERIERI, I. IOVINELLA, B. N. MANCO, D. PROSPER, J. BLAISE, C. MAY, N. VANDENBERG, L. MARIANELLI, P. F. ROVERSI (CREA, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, Department of Environmental and Coastal Resources, National Environmental Centre, Providenciales (Turks and Caicos Islands), Systematic Entomology Laboratory, ARS, USDA c/o National Museum of Natural History Smithsonian Institution, Washington, DC. INRPP) - Exploring potential biocontrol agents of the invasive scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae)
- P. GENOVESI, L. CARNEVALI (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)) - Releases of alien species into nature for biological control: the reference regulatory framework.
- L. MARIANELLI, G. MAZZA, G. TORRINI, F. PAOLI, I. IOVINELLA, C. SCIANDRA, F. BARBIERI, C. L. ANCILLOTTO, BENVENUTI, G.P. BARZANTI (CREA, Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, CNR – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri) - Biological control of *Popillia japonica* using an indigenous strain of *Heterorhabditis bacteriophora*: from nematode isolation to non-target risk assessment
- S. SIMONI, BREGAGLIO S. U. M., E. GAGNARLI, D. GOGGIOLI, GUIDI S., NANNELLI R., G. SABBATINI PEVERIERI, F. TARCHI (CREA - Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, CREA - Centro di Ricerca Agricoltura e Ambiente) - A twenty years path through biological control of the Yellow Spider Mite in Tuscan vineyards (central Italy): evidences and perspectives
- Discussione e Conclusioni

La seduta dell’Assemblea Pubblica è tolta alle ore 17,45

Napoli, 14 giugno 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

VERBALI DELLE ADUNANZE DEL 15 E 16 NOVEMBRE 2024

Presiede il Presidente Prof. FRANCESCO PENNACCHIO

Segretario verbalizzante la Segretaria Prof.ssa RITA CERVO

SEDUTA PUBBLICA

Venerdì 15 novembre 2024 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/webinar/register/WN_Q8YqJbWaRgq7v20Q9aaT7A iniziano i lavori della Seduta pubblica:

Sono presenti i seguenti Accademici:

Seniores: E. BALLETO, P. BRANDMAYER, M. COBOLLI, B. MASSA, S. RAGUSA DI CHIARA;

Ordinari: M. BIONDI, R. CERVO, M. CRISTOFARO, M. C. DIGILIO, A. DIPALMA, C. DUSO, A.M. FAUSTO, G.S. GERMINARA, A. LUCCHI, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, M. ZAPPAROLI;

Straordinari: S. ANGELI, S. BONELLI, G. BURGIO, M.L. DINDO, E. MAZZONI, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, P. TREMATERRA, S. VANIN, L. ZAPPALÀ.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: A. CASALE, P. CRAVEDI, L. SANTINI;

Ordinari: A. ALMA, A. BALLERIO, G. GARGIULO, PELLIZZARI, C. RAPISARDA;

Straordinari: L. BARTOLOZZI, R. ROMANI, L. TAVELLA, H. TSOLAKIS.

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

Tavola Rotonda su “*Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana*”

Cordinata dall'Accademico PASQUALE TREMATERRA

14.00 Saluti del Presidente dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia F. PENNACCHIO - Introduzione (P. TREMATERRA, Università degli Studi del Molise, Campobasso)

Interventi:

- L'ecosistema urbano (M. ZAPPAROLI, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo)
- Invertebrati intrusi nelle abitazioni e negli ambienti collettivi (R. NICOLI-ALDINI, Università Cattolica Sacro Cuore, Piacenza e S. SIMONI, CREA-Centro di Ricerca Difesa e Certificazione, Firenze)
- Riflessioni su insetti potenziali infestanti delle derrate (L. SÜSS, Università degli Studi di Milano e S. SAVOLDELLI, Università degli Studi di Milano)
- Insetti dannosi a biblioteche, archivi e manufatti lignei: casi studio per la gestione e tutela dei beni (E. PERI, Università degli Studi di Palermo e M.C. REGUZZI, Università Cattolica Sacro Cuore, Piacenza)
- Gli Artropodi in città: importanza medico-veterinaria e tutela della biodiversità urbana (L. TOMA, Istituto Superiore di Sanità, Roma e A.M. FAUSTO, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo)
- Gli insetti del verde urbano e loro gestione (A. BATTISTI, Università degli Studi di Padova e C. JUCKER, Università degli Studi di Milano)

- Uccelli e mammiferi in città: ecologia, impatto e gestione (D. CAPIZZI, Area Protezione e gestione della biodiversità, Regione Lazio, Roma e M. DINETTI, LIPU, Ecologia urbana, Parma)
- Considerazioni nella lotta agli infestanti in ambito urbano (G. SPINA, Ekocommerce IPM Solutions, Italia)
- 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 16 novembre 2024 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/webinar/register/WN_dkQEvRk7TQO-B3kcioRmKg come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell'Assemblea Plenaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, P. BRANDMAYER, M. COBOLLI, A. BINAZZI, B. MASSA, S. RAGUSA DI CHIARA;

Ordinari: A. BALLERIO, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, R. CERVO, M. CRISTOFARO, A. LUCCHI, E. C. DIGILIO, A. DI PALMA, C. DUSO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, I. FLORIS, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA, S. MAINI, A. MINELLI, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI;

Onorari: R. DALLAI;

Straordinari: S. ANGELI, S. BONELLI, G. BURGIO, A. CARAPELLI, M. CASARTELLI, E. CONTI, M.L. DINDO, E. MAZZONI, V. PALMERI, E. PERI, G. SABBATINI, S. SIMONI, P. TREMATERRA, H. TSOLAKIS, S. VANIN, L. ZAPPALÀ.

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: P.A. CASALE, CRAVEDI, L. SANTINI;

Ordinari: A. ALMA, DE LILLO, G. GARGIULO, G. PELLIZZARI;

Straordinari: L. BARTOLOZZI, R. ROMANI, L. TAVELLA.

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

Il Presidente chiede all'Assemblea di integrare l'O.g. con un punto relativo al Premio Osella che sarà inserito come punto 8) al presente O.g.

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

- Viene esaminato il verbale della Seduta Plenaria del 13 giugno 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 nei giorni precedenti alle assemblee di novembre (13-15 novembre) si è svolto con successo il XV PhD network Annual European Meeting of Insect Science che ha visto la partecipazione di numerosi dottorandi italiani e stranieri (circa 100 iscritti). Il Presidente inoltre comunica la necessità di definire un gruppo di Accademici che coordinerà la prossima edizione (2025) del PhD network Annual European Meeting of Insect Science;
- Il Presidente ricorda che il 26 novembre si svolgerà a Firenze presso l'Auditorium della CR una giornata dal titolo "La Protezione delle piante senza chimica? Innovazione, sostenibilità e

- realità” organizzata dall’ANIE insieme alla Accademia dei Georgofili e ad Agritech. La giornata ha riscosso molto interesse e al momento si sono registrati più di 200 iscritti.
- Il Presidente informa che la Tavola Rotonda dal titolo “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo” coordinata dagli Accademici CARLO DUSO e HARALABOS TSOLAKIS si è svolta con successo il 18 ottobre scorso presso il CIRVE, Centro Interdipartimentale per la Ricerca in Viticoltura ed Enologia dell’Università degli studi di Padova.
 - Il Presidente informa che tra il 23 e 27 settembre si è svolta con successo a Catania la Summer School “Marcello La Greca” sulla Biodiversità. Il Presidente dà la parola all’Accademico CARMELO RAPISARDA perché faccia un breve resoconto di questa attività all’Assemblea. L’Accademico CARMELO RAPISARDA informa l’Assemblea che la Summer School ha avuto un grande successo con 50 iscritti (di cui 15 stranieri); l’evento si è svolto in presenza per 3 giorni e on line per altre due giornate. L’iniziativa è stata promossa dall’Accademia e dal programma Erasmus Plus (che ha permesso la partecipazione di docenti e studenti stranieri). All’apertura della Summer School è stata invitata la Sig. La Greca.
 - Il Presidente visto il successo e la partecipazione di dottorandi a questa Summer School sollecita gli Accademici ad organizzare attività/eventi simili indirizzati alla formazione dei dottorandi su tematiche di carattere entomologico in collaborazione con la SEI. Ricorda infine che era già stata data la disponibilità ad organizzare attività di formazione di questo tipo dall’Accademico LORENZO MARINI (Corso sull’analisi dei dati) e dall’Accademico STEFANO COLAZZA (Corso sulla Chemical Ecology). Il Presidente chiede a questi Accademici se l’organizzazione di queste attività stà procedendo e quando possiamo prevedere di programmarle.
 - Il Presidente ricorda nuovamente agli Accademici, che ancora non lo avessero ancora fatto, di aggiornare il loro CV sul sito ANIE.
 - Il Presidente ricorda che il sito dell’ANIE è ora disponibile anche nella versione in lingua inglese.
 - Il Presidente comunica all’Assemblea che è necessario definire un gruppo di lavoro per l’aggiornamento periodico del sito web; il Presidente ricorda l’Accademico VINCENZO PALMERI ha già dato disponibilità per far parte di questo gruppo di lavoro ma chiede ad altri Accademici di affrettarsi di fare altrettanto.
 - Il Presidente ricorda che nell’ultimo periodo ci hanno lasciato numerosi Accademici: l’Accademico Onorario HARRIS KEITH HARRIS deceduto 23/2/22; l’Accademico Emeriti MASSIMO OLMI deceduto 9/5/24; ORESTE TRIGGIANI deceduto 9/6/24; ALESSANDRINA ARZONE deceduta 20/10/24. Il Presidente chiede agli Accademici di proporsi o di indicare i colleghi per commemorare gli Accademici scomparsi.
 - Il Presidente comunica infine le date per le Assemblee dell’Accademia per il 2025: 21 e 22 febbraio; a giugno durante il Convegno CNIE (come verrà indicato nel Programma del Convegno) e il 14 e 15 novembre. Naturalmente queste date potranno subire variazioni se si presenterà la necessità.

3) Pubblicazioni dell’Accademia

- Il Presidente aggiorna l’Assemblea sullo stato di avanzamento del progetto editoriale per la realizzazione dell’opera in più volumi curata da Liguori. Il prossimo volume che dovrà essere pubblicato è quello relativo alla Morfologia, Fisiologia e Anatomia che è stato deciso di unire al volume sulla Riproduzione e sviluppo per creare un unico volume più fruibile dal punto di vista didattico.
- Il Presidente inoltre sollecita l’invio da parte degli oratori delle Tavole Rotonde del 2024 di inviare i contributi per la stampa a ROBERTO NANNELLI entro metà di gennaio 2024 secondo le indicazioni da lui fornite.

4) XXVIII Congresso Nazionale di Entomologia di Siena

- Il Presidente invita l’Accademico FRANCESCO FRATI ad aggiornare l’Assemblea riguardo all’organizzazione del XXVIII Congresso CNIE. L’Accademico FRANCESCO FRATI prende la parola e aggiorna l’Assemblea relativamente all’avanzamento del Congresso che si svolgerà come è

noto a Siena dal 16 al 20 giugno prossimi. Illustra la composizione del Comitato organizzatore e di quello scientifico, il programma preliminare, dove si svolgerà la cena sociale (Certosa di Pontignano) e la gita sociale (Parco della Maremma).

5) Consegna diplomi

Il Presidente consegna i diplomi agli Accademici Ordinari CARLO DUSO E ANTONIO GARONNA e quei diplomi rimasti in giacenza a causa delle assenze degli Accademici nelle sedute precedenti.

6) 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 e informando che il cambiamento dell'Editore ha permesso di riiniziare con la pubblicazione della checklist che era stata interrotta.

7) Programma definitivo delle Sedute per l'A.A. 2025:

- Febbraio 2025 Tavola Rotonda sulla Citizen Science in entomologia coordinata dagli Accademici LEONARDO DAPPORTO e SIMONA BONELLI. Lettura su *La chemical ecology degli insetti: nuovi approcci per il controllo sostenibile delle specie dannose* tenuta dall'Accademico SERGIO ANGELI;
Commemorazione di VALERIO SBORDONI da parte dell'Accademico MARCO ALBERTO BOLOGNA e di VINCENZO VOMERO.
- 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.
- Novembre 2025 Tavola Rotonda coordinata da M. FACCOLI dal titolo “New and emerging forest pests in Europe: causes, challenges and perspectives”; lettura “La conservazione delle farfalla alla luce delle sfide e delle opportunità offerte strategia Europea 2030” S. BONELLI proposta inviata il 22/1/24. Commemorazione dell'Accademico ORESTE TRIGGIANI
- Il Presidente invita gli Accademici a definire data e titolo delle proposte già delle letture già fatte e sollecita di proporre argomenti per Tavole Rotonde per 2026 e 2027 poiché tali informazioni sono necessarie per la richiesta di finanziamento al ministero.

8) Premio Osella

Il Presidente chiede all'Assemblea di approvare l'emanazione del Bando per il premio Osella 2025 e chiede di dargli mandato di formare la Commissione per la valutazione dei candidati una volta che saranno chiusi i termini della domanda.

9) Varie ed eventuali

Nessuna

La seduta dell'Assemblea Plenaria è tolta alle ore 10.00.

Firenze, 16 novembre 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

SEDUTA PUBBLICA

Commemorazione dell'Accademico GIUSEPPE BARTOLOMEO OSELLA da parte di CESARE BELLÒ e dell'Accademico MAURIZIO BIONDI

Lettura: “Strategie di *habitat management* su scala aziendale per la gestione dei fitofagi e la conservazione della biodiversità” da parte dell’Accademico GIOVANNI BURGIO

ASSEMBLEA ORDINARIA

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

Sabato 16 novembre 2024 alle ore 11:00, a Firenze Cascine del Riccio, via Lanciola 12/A e su piattaforma ZOOM come da convocazione del Presidente, iniziano i lavori dell’Assemblea Ordinaria alla presenza degli Accademici:

Seniores: E. BALLETO, P. BRANDMAYER, M. COBOLLI, A. BINAZZI, B. MASSA, S. RAGUSA DI CHIARA;

Ordinari: A. BALLERIO, A. BATTISTI, M. BIONDI, M.A. BOLOGNA, D. BOSCO, R. CERVO, M. CRISTOFARO, A. LUCCHI, E. C. DIGILIO, A. DI PALMA, C. DUSO, A.M. FAUSTO, F. FRATI, I. FLORIS, A.P. GARONNA, G.S. GERMINARA, S. MAINI, A. MINELLI, R. NANNELLI, F. NAZZI, F. PENNACCHIO, R. POGGI, C. RAPISARDA, P.F. ROVERSI, A. RUSSO, S. TURILLAZZI, M. ZAPPAROLI;

Onorari: R. DALLAI;

Hanno giustificato la propria assenza gli Accademici:

Seniores: P.A. CASALE, CRAVEDI, L. SANTINI;

Ordinari: A. ALMA, DE LILLO, G. GARGIULO, G. PELLIZZARI;

Viene discusso il seguente Ordine del giorno:

1) Approvazione del verbale della Seduta precedente

Viene esaminato il verbale della Seduta Ordinaria del 13 giugno 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 è stato assegnato un finanziamento di 3000 euro dal Fondo Marcello La Greca per l’organizzazione della Summer School tenutasi a fine ottobre a Catania.

Il Presidente comunica inoltre che l’ANIE, il 26 ottobre scorso, ha ricevuto dal Ministero dei Beni Culturali un finanziamento di 4498 euro.

3) Votazione per l’elezione di nuovi Accademici Onorari

A norma dello Statuto (Articoli 4 e 6) e del Regolamento (Art. 6 e 7), a fronte di 6 posti disponibili per Accademico Onorario, è pervenuta entro il 30 aprile 2024 la seguente proposta per nuovo Accademico Onorario per essere votata nell’Assemblea Ordinaria di novembre 2024:

Xavier BELLÈS presentato dagli Accademici A. BATTISTI, P. BRANDMAYER, A. MINELLI

Il Presidente verificata, come disposto dall’art. 4.10 dello Statuto, la presenza della maggioranza assoluta degli Accademici Ordinari, dichiara valida l’Assemblea. Come previsto dall’art. 4.9 l’Accademico, A. BATTISTI illustra all’Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Xavier BELLÈS. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo proclama Accademico Onorario dell’Accademia Nazionale Italiana di Entomologia.

4) Votazione per l’elezione di nuovi Accademici Ordinari

A norma dello Statuto (Articoli 4 e 6) e del Regolamento (Art. 6 e 7), a fronte di 7 posti disponibili per Accademico Ordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2024 le seguenti quattro proposte per nuovo Accademico Ordinario da votare nell’Assemblea Ordinaria di novembre 2024: Le 4 proposte per nuovi Accademici Ordinari riguardano gli Accademici Straordinari:

- Eric CONTI, presentato dagli Accademici A. ALMA, S. COLAZZA, M. ZAPPAROLI;

- Leonardo DAPPORTO, presentato dagli Accademici S. TURILLAZZI, F. FRATI, R. DALLAI;
- Luciana TAVELLA, presentata dagli Accademici A. ALMA, A. BATTISTI, C. RAPISARDA;
- Stefano VANIN, presentato dagli Accademici R. POGGI, A. MINELLI, E. DE LILLO;

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

Vengono designati gli Accademici Andrea BATTISTI e Francesco NAZZI quali scrutatori per questa e per le altre votazioni previste per la presente seduta.

Votazione per l'elezione di nuovi Accademici Ordinari:

- a) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Eric CONTI. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico A. BATTISTI, in sostituzione di A. ALMA illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.

Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Eric CONTI 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 Leonardo DAPPORTO. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario S. TURILLAZZI illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.

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

- c) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademica Straordinaria Luciana TAVELLA. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario A. BATTISTI illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Luciana TAVELLA eletta e da proporre, a norma dell'Articolo 4.11 dello Statuto, al Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo per la nomina ad Accademico Ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia da parte di tale Ministero.

- d) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura dell'Accademico Straordinario Stefano VANIN. Come previsto dall'Articolo 4.9 dell'attuale Statuto, l'Accademico Ordinario R. POGGI illustra all'Accademia i meriti scientifici e accademici del candidato.

Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama Stefano VANIN 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 di nuovi Accademici Straordinari

- A norma dello Statuto allora in vigore (Articoli 4 e 6) e del Regolamento (Articoli 6 e 7), a fronte di 5 posti per Accademico Straordinario, sono pervenute entro il 30 aprile 2024 le seguenti 3 proposte per nuovi Accademici Straordinari per essere votate nell'Assemblea Ordinaria di novembre 2024.

- Alberto ZILLI presentato dagli Accademici M. BOLOGNA, M. ZAPPAROLI, R. POGGI;
- Francesca BARBERO presentata dagli Accademici E. BALLETO P. BRANDMAYR, A. CASALE;
- Paolo FONTANA presentato dagli Accademici A. BATTISTI, I. FLORIS, B. MASSA;

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

- e) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Alberto ZILLI. Come previsto

dall'Articolo 4.9, dell'attuale Statuto, l'Accademico M. A. BOLOGNA illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici del candidato. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Alberto ZILLI Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2024-2026.

f) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Francesca BARBERO. Come previsto dall'Articolo 4.9, dell'attuale Statuto, l'Accademico E. BALLETO illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Francesca BARBERO Accademica Straordinaria dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2024-2026.

g) Viene portata in votazione a scrutinio segreto la candidatura di Paolo FONTANA. Come previsto dall'Articolo 4.9, dell'attuale Statuto, l'Accademico A. BATTISTI illustra all'Assemblea i meriti scientifici e accademici della candidata. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente proclama, come previsto dall'Articolo 4.4 del nuovo Statuto, Paolo FONTANA Accademico Straordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia per il triennio 2024-2026.

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

- Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademica Straordinaria Laura BEANI. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.

- Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademica Straordinaria Simona BONELLI. La candidata raggiunge il quorum richiesto e il Presidente la conferma Accademica Straordinaria.

- Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademico Straordinario Vincenzo PALMERI. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.

- Viene portata in votazione a scrutinio segreto la conferma dell'Accademico Straordinario Pasquale TREMATERRA. Il candidato raggiunge il quorum richiesto e il Presidente lo conferma Accademico Straordinario.

7) Esame e approvazione del Bilancio preventivo a. f. 2025

Prende la parola l'Accademico Roberto NANNELLI, in qualità di Tesoriere dell'Accademia, illustrando il bilancio di previsione per l'a.f. 2025

8) Varie ed eventuali

Nessuna

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

Firenze, 16 novembre 2024

Il Segretario
Rita CERVO

Il Presidente
Francesco PENNACCHIO

COMMEMORAZIONE

PIETRO LUCIANO (1952-2023)

GAVINO DELRIO - ANDREA LENTINI

Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari

Commemorazione tenuta nella Seduta Pubblica dell'Accademia, Firenze, 17 febbraio 2024



Prof. Pietro Luciano

Pietro Luciano nasce a Sassari il 5 agosto 1952 ma trascorre i suoi primi 10 anni di vita a Sant'Antonio di Gallura, paese d'origine del padre. Nel 1963 i suoi genitori, entrambi insegnanti elementari, decisero di trasferirsi con tutta la famiglia, oramai ricca di 6 figli, a Tempio Pausania. Questa decisione fu presa per permettere ai ragazzi di frequentare le scuole medie e superiori. Conseguita la licenza media, Pietro si iscrive al corso Geometri dell'Istituto Tecnico Statale Don Gavino Pes, dove nel 1970 consegue il diploma.

L'ambiente in cui ha trascorso la sua adolescenza ha sicuramente condizionato la scelta dei suoi studi universitari e la sua intera vita professionale. Tempio Pausania è infatti una cittadina della Gallura immersa nel verde e completamente circondata da formazioni forestali in cui predominano le sugherete. Forse per questo Pietro Luciano nel novembre del 1970 inizia a frequentare il Corso di scienze agrarie dell'Università di Sassari e già nel 1972, da studente, sotto la guida del prof. Romolo Prota avvia le ricerche sulla biologia e la dinamica di popolazione di *Lymantria dispar*. Comincia così la sua avventura entomologica su un argomento che ha segnato gran parte della sua attività di ricerca.

Nel febbraio del 1975 si laurea con la votazione di 110 su 110 e lode e dignità di stampa e, per l'impegno e la passione dimostrati nel portare avanti le osservazio-

ni entomologiche, che furono argomento della sua tesi sperimentale, gli viene proposto di continuare la sua collaborazione con l'allora Istituto di Entomologia. La sua carriera scientifica e accademica, svolta interamente presso l'Ateneo di Sassari, ha avuto inizio subito dopo la laurea, con l'incarico di tecnico laureato e il successivo passaggio in ruolo nell'aprile del 1977, ed è terminata con il suo pensionamento come professore ordinario il 1° novembre 2016.

All'età di 25 anni, il 19 giugno del 1977 si sposa con Francesca Spano, giovane laureata in Lingua e Letterature Straniere. Dal matrimonio, fra il 1979 e il 1986, nascono tre figli maschi Tomaso, Ennio e Mario che gli hanno donato 6 splendide nipotine, che sono state la sua più grande gioia nell'ultima parte della sua vita.

Nel gennaio del 1985, ritenuto idoneo nella II tornata dei giudizi di idoneità per Professore associato, Pietro Luciano è chiamato a ricoprire la cattedra di "Entomologia delle piante ortensi, da fiore e ornamentali", rimasta attiva fino all'anno accademico 2000-2001.

Con l'attivazione del Corso di studio di Scienze Forestali e Ambientali presso la sede gemmata a Nuoro dalla Facoltà di Agraria, nel periodo 1994-1997 ricopre l'incarico d'insegnamento di "Istituzioni di Entomologia forestale" e dal 1998 ha tenuto ininterrottamente l'insegnamento di "Entomologia forestale".

Nel febbraio 2000 è chiamato dalla Facoltà di Agraria di Sassari nel ruolo di Professore ordinario a ricoprire la cattedra di Entomologia agraria nel Corso di laurea in "Produzione e protezione delle colture agrarie".

Dal 2007 viene cooptato come Socio corrispondente dall'Accademia Italiana di Scienze Forestali e dal 2009 diviene membro dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia.

Nell'Università di Sassari, Pietro Luciano ha dato un notevole apporto anche organizzativo partecipando al Consiglio d'Amministrazione in qualità di rappresentante dei professori associati (nel periodo 1991-1995) e alla Commissione Ricerca dell'Ateneo,

Dal 1° novembre 2005 al 30 giugno 2012 ricopre l'incarico di Preside della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari. Più precisamente, è stato l'ultimo preside poiché, dopo i suoi due mandati, la Facoltà è stata organizzata come dipartimento il cui vertice è rappresentato da un direttore e non dalla figura di preside. Nel periodo 2012-2015 è Presidente del Corso di Scienze e Sistemi Forestali e nel 2014 diviene delegato rettorale al personale e rapporti sindacali.

Anche questi ruoli sono stati ricoperti da Pietro Lu-

ciano con grande impegno e passione ma anche con una forte determinazione nel prendere decisioni coraggiose, non ricercando un totale consenso, ma sempre in assoluta buona fede e nell'interesse generale dell'Ateneo e della Facoltà di Agraria.



Pietro Luciano (a destra) con alcuni colleghi della Facoltà di Agraria di Sassari in occasione del IV meeting OILB su *Ceratitis capitata* (Sassari, maggio 1975).

L'attività di ricerca del Prof. Luciano è documentata da oltre 190 prodotti scientifici e ha riguardato principalmente aspetti applicativi della difesa integrata in campo agrario ma soprattutto forestale.

Nella fase iniziale della sua vita lavorativa Pietro Luciano si inserisce su linee di ricerca già attive, collaborando con il Prof. Prota e gli allora assistenti Gavino Delrio e Salvatore Ortu. A questo periodo si devono i lunghi studi sulla dannosità e sulla dinamica spazio-temporale delle popolazioni dei ditteri tefritidi *Bactrocera oleae* e *Ceratitis capitata* e delle tignole dell'uva *Lobesia botrana* ed *Eupoecilia ambiguella*.

Le maggiori energie anche in questa fase sono state però dedicate agli studi decennali sui fattori che regolano la dinamica delle popolazioni di *Lymantria dispar* che hanno comportato osservazioni lunghe e minuziose che solamente una persona determinata e appassionata del proprio lavoro poteva portare avanti. Queste osservazioni prevedevano, infatti, la numerazione delle sughere presenti su un ettaro di bosco e il conteggio annuale di tutte le ovature deposte annotandone la posizione sulla pianta, nonché la valutazione del numero di uova per ovatura, la loro percentuale di sterilità e l'incidenza dei fattori di mortalità in tutti gli stadi preimmaginali. Queste osservazioni hanno posto in risalto il ruolo che un'ampia schiera di parassitoidi e predatori riveste nelle diverse fasi della

gradazione dell'erebide. Da tali osservazioni sono emersi anche indicatori della gradazione ricavabili dall'altezza ed esposizione delle ovature nonché metodi di stima della fecondità adottati poi anche a livello internazionale.

Una intensa attività di ricerca ha riguardato la definizione di metodi rapidi di stima dell'abbondanza di popolazione di *L. dispar*. Metodi che a partire dal 1984 sono stati applicati in una rete di circa 300 stazioni distribuite nelle principali aree forestali della Sardegna. Grazie anche alla collaborazione con matematici, quali il prof. Giulio Di Cola dell'Università di Parma e il Prof. Gianni Gilioli dell'Università di Brescia, i dati progressivamente disponibili sulle fluttuazioni d'abbondanza dei lepidotteri defogliatori sono stati analizzati con metodi statistico-matematici e geo-statistici che hanno consentito di verificare in termini obiettivi la periodicità delle pullulazioni e l'influenza della complessità dell'ecosistema sulla frequenza delle gradazioni.

A partire dal 2000, la rete di monitoraggio è stata affidata in gestione al Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna dopo aver adeguatamente formato il personale nell'ambito del Progetto "Strategie di difesa della risorsa bosco in ambiente mediterraneo" finanziato da un Programma Operativo Multiregionale, che ha visto coinvolte 5 unità operative (Corpo Forestale della Regione Sardegna, ARSSA della Calabria, Istituto di Entomologia dell'Università del Molise, Istituto Sperimentale di Zoologia agraria di Firenze, Dipartimento di Protezione delle Piante dell'Università di Sassari). Il prof. Luciano, in qualità di coordinatore del progetto, ha



Pasto frugale durante le osservazioni entomologiche in agrumeto. Pietro Luciano (al centro) insieme a colleghi francesi, al prof. Romolo Prota e al prof. Salvatore Ortu (San Giuliano, Corsica, maggio 1980).

organizzato un corso formativo per 30 tecnici forestali sardi, calabresi e toscani che prevedeva oltre all'insegnamento della materia entomologica, un corso sull'impiego dei primi sistemi informativi territoriali e dei GPS che, in quegli anni, iniziavano ad essere permessi per usi civili.

La rete di monitoraggio, tuttora attiva, è stata portata a 640 siti di rilevamento e annualmente fornisce previsioni sulle superfici esposte a rischio di defogliazione e consente di programmare tempestivamente gli interventi di lotta.

Un grande impegno è stato rivolto anche allo studio degli altri lepidotteri defogliatori forestali. In questo ambito l'attenzione è stata indirizzata alla valutazione del ruolo dei parassitoidi e dei predatori nella regolazione delle gradazioni di *Malacosoma neustria*, *Euproctis chrysorrhoea* e *Tortrix viridana*, nonché alla definizione di metodi rapidi di campionamento attraverso un preliminare studio della distribuzione spaziale allo stadio di uovo delle popolazioni di *M. neustria* e di *T. viridana*.



Pietro Luciano (a sinistra) durante un'escursione entomologica a Camigliatello Silano (ai giganti della Sila, settembre 1999).

Le ricerche sui lepidotteri delle querce non si sono tuttavia limitate solo agli studi ecologici e, a partire dal 1989, Pietro Luciano contribuisce alla realizzazione di un'ampia sperimentazione sull'impiego del *Bacillus thuringiensis* (Bt) nella lotta ai lepidotteri defogliatori che ha permesso di individuare i preparati più efficaci e le più idonee modalità di distribuzione con mezzo aereo in ambiente mediterraneo. Congiuntamente alle prove di mortalità sulla specie bersaglio, coordina indagini sugli effetti dei trattamenti con Bt sugli ausiliari e sulle specie di lepidotteri non-bersaglio nonché sui rischi associati all'impiego del batterio entomopatogeno. Questi studi possono sembrare semplici, ora che si dispone di navigatori satellitari e di altri strumenti tecnologici che permettono una irrorazione di precisione, ma alla fine degli anni '80 e nei primi anni '90, quando i piloti degli elicotteri navigavano a vista, la delimitazione delle parcelle sperimentali veniva indicata durante voli di ricognizione che potevano risultare talvolta pericolosi. In una di queste occasioni l'elicottero, con Pietro Luciano al suo interno, cadde durante il decollo. Non ci fu nessuna conseguenza per i passeggeri sebbene l'elicottero presentasse centinaia di milioni di lire di danni. Anche in questo caso il prof. Luciano fu molto determinato e fece la ricognizione non appena fu disponibile un altro elicottero. Questa brutta esperienza, che sicuramente non voleva ripetere né far provare ai suoi allievi, lo spinse a una maggiore prudenza e, quando la tecnologia lo permise, impose che gli elicotteri impiegati per i trattamenti fossero dotati di sistemi di navigazione satellitare in grado di individuare le aree destinate ai trattamenti con un semplice shapefile. A tale

scopo chiamò in Sardegna i migliori consulenti scientifici della ditta americana che produceva i formulati micro-biologici nonché il titolare di una delle più importanti aziende statunitensi che produce sistemi di navigazione e irrorazione in campo agricolo e forestale.

I risultati di questa vasta sperimentazione hanno permesso di raggiungere una fase applicativa ma è stato necessario superare non pochi ostacoli di natura normativa che vietavano in modo assoluto i trattamenti



Volo di ricognizione in elicottero per definire le aree forestali da sottoporre a trattamento aereo con Btk.

aerei con prodotti fitosanitari. Il prof. Luciano non ha subito passivamente questo divieto e, sostenuto anche dall'intervento di Enti sardi, della Toscana e del Veneto, nonché dai colleghi entomologi Pio Federico Roversi e Andrea Battisti, ha portato il Ministero della Sanità a riconsiderare la materia e approvare un iter che consente, a partire da una richiesta motivata delle regioni, la registrazione in deroga di prodotti a base di Bt autorizzati per l'irrorazione con mezzi aerei. Grazie a questa procedura in Sardegna negli ultimi 20 anni sono stati difesi oltre 200.000 ettari di sugherete infestate dai principali defogliatori forestali.

Il lavoro complessivamente sviluppato in questo settore è stato compendiato in diverse pubblicazioni che riportano proposte di difesa integrata per le sugherete della Sardegna. Pietro Luciano ha sempre avuto a cuore anche gli aspetti divulgativi delle ricerche applicate e, pertanto, le fasi organizzative di tali interventi fitosanitari e i risultati conseguiti sono stati riportati in un volumetto, tradotto anche in lingua francese per favorirne la divulgazione in ambito mediterraneo. Attualmente, questi trattamenti con l'impiego di mezzi aerei hanno raggiunto una piena fase applicativa e vengono gestiti da enti regionali che si avvantaggiano dell'enorme lavoro scientifico e politico che il prof. Luciano ha portato avanti per raggiungere questo risultato.

Sin dai primi anni di sperimentazione si aveva comunque la consapevolezza che i trattamenti con Bt rappresentavano solo una soluzione temporanea, in grado di limitare i danni ma non di interrompere il succedersi delle gradazioni. Per tale motivo il prof. Luciano nel 2012

inizia una collaborazione con la professoressa Daniela Pilarska, dell'Institute of Biodiversity and Ecosystem Research di Sofia (Bulgaria), per studiare la possibilità di introdurre in Sardegna *Entomophaga maimaiga*, un fungo entomopatogeno altamente specifico nei confronti di *L. dispar* che potrebbe innescare nuovi equilibri biologici a protezione delle sughere.

Nell'attività scientifica del prof. Luciano non mancano studi su altre emergenze fitosanitarie delle querce in

topoea pityocampa, collabora alla stesura di un piano di eradicazione della specie dal territorio regionale.

Le ricerche in ambito forestale sono state condotte nell'ambito di numerosi progetti nazionali e internazionali che il Prof. Luciano ha coordinato assicurando la partecipazione di entomologi italiani e stranieri e promuovendo anche collaborazioni interdisciplinari con i patologi e selvicoltori. Anche per questo motivo, insieme alla Professoressa Claire Villemant, all'epoca ricercatrice del Museo nazionale di storia naturale di Parigi, nel

1993 propone all'Organizzazione Internazionale di Lotta Biologica (Sezione Regionale Ovest Palearctica) (OILB/srop) la costituzione del Gruppo di Studio "Integrated Protection in *Quercus* sp. Forests" e ne è responsabile fino al 1997. I Meeting periodici organizzati da questo gruppo di lavoro permettono uno stretto rapporto fra studiosi soprattutto dei Paesi del bacino del Mediterraneo che si occupano in particolare modo di diversi aspetti della conduzione selvicolturale e delle problematiche fitosanitarie delle sugherete.

Le ricerche in ambito forestale hanno destato sicuramente il maggiore interesse di Pietro Luciano ma già dalla metà degli anni '80, quando viene chiamato a ricoprire la cattedra di "Entomologia delle piante ortensi, da fiore e ornamentali", anche per senso di responsabilità nei confronti dei suoi studenti e per fornire durante le lezioni conoscenze frutto della propria esperienza, avvia osservazioni sui fitofagi dannosi ad alcune colture ortive, a coltivazioni floreali ed alle alberature cittadine.



Gruppo di Studio IOBC-WPRS "Integrated Protection in Oak Forests" riunito per la prima volta a Tempio Pausania (SS) nel 1994 (il Prof. Luciano è la quinta persona a partire da sinistra).

Sardegna quali i coleotteri xilofagi *Platypus cylindrus* e *Coroebus florentinus* di cui sono stati valutati gli effetti sulla vitalità delle piante e le condizioni ambientali e gestionali che ne favoriscono la diffusione. In ambito forestale ha anche portato avanti indagini faunistiche sui lepidotteri eteroceri presenti in boschi della Sardegna, ponendo in evidenza la particolare ricchezza in endemismi sardi e sardo-corsi.

Anche quando impegnato in gravosi incarichi organizzativi nell'Ateneo ha sempre cercato di trovare il tempo per seguire le ricerche. Al periodo in cui ricopriva il ruolo di Preside si devono le indagini sulla mirme-cofauna associata alle sughere che hanno evidenziato la presenza di 25 specie delle quali qualcuna direttamente dannosa alla produzione di sughero gentile. In particolare, ha studiato la trofobiosi fra *Lasius brunneus* e l'afide *Stomaphis quercus* indagando i loro cicli biologici, la distribuzione di popolazione e la diffusione in Sardegna. Sempre in ambito forestale non sono mancate le indagini sui fitofagi infeudati ai pini e in particolare sugli insetti xilofagi. In seguito alla comparsa nel 2006 in Sardegna di *Taume-*



XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia (Udine, giugno 1994).

Anche in quest'ambito le ricerche hanno avuto un indirizzo eminentemente applicativo e improntate alla definizione di protocolli di difesa integrata. Ne sono esempio gli studi sulle popolazioni afidiche della lattuga sulle specie più dannose alla coltura di pomodoro da industria, e in particolare *Heliothis armigera* e *Phthorimaea operculella*.

Alla fine degli anni '80, parallelamente agli studi di pieno campo, svolge anche rilievi sull'efficacia della lotta biologica in colture protette di pomodoro da mensa. Queste ricerche hanno permesso di verificare che, nella realtà orticola della Sardegna, l'adozione della lotta biologica si dimostra efficace nel contenimento di fitofagi del pomodoro quali *Trialeurodes vaporariorum* e *Lyriomiza* sp. non tanto per i lanci inoculativi di *Encarsia formosa* o *Diglyphus isaea* ma, piuttosto, per la conseguente

metodi di lotta integrata per il contenimento delle loro infestazioni in ambiente urbano senza fare ricorso a insetticidi di sintesi. Il materiale raccolto nel corso di tali indagini gli ha permesso di dare un contributo anche alla conoscenza della tassocenosi a ragni sui tigli poiché ha consentito di evidenziare la presenza di 18 famiglie, 32 generi e 32 specie, di cui 16 nuove per la Sardegna.

In ambiente urbano ha, infine, indagato la correlazione fra l'impiego di piretroidi di sintesi, utilizzati impropriamente per combattere la presenza di zanzare adulte, e la pullulazione delle cocciniglie su piante ornamentali, rilevando che negli ambienti trattati si registra una drastica riduzione di attività dei parassitoidi che limitano la moltiplicazione dei fitomizi.

Il lavoro di ricerca condotto da Pietro Luciano ha trovato spazio anche in pubblicazioni di carattere divulgativo rivolte a tecnici del settore o ad un pubblico più ampio. In particolare, ha predisposto lavori di sintesi sull'entomofauna d'interesse forestale, sul suo monitoraggio e sulle applicazioni di lotta biologica in Sardegna. Testi che sono un punto di riferimento per gli studenti dei corsi di scienze forestali di Nuoro. Ha inoltre favorito la divulgazione delle conoscenze entomologiche partecipando attivamente a iniziative organizzate dall'Ateneo, da Enti sperimentali e di assistenza in agricoltura della Regione Sardegna.

Grazie alle fotografie delle numerose raccolte entomologiche compiute in diversi ambienti forestali italiani e una paziente

attività di allevamento in laboratorio, il Prof. Luciano insieme al Prof. Pio Federico Roversi dell'Istituto Sperimentale per la Zoologia agraria di Firenze hanno potuto dare alle stampe nel 2001 una monografia sui "Fillofagi delle querce in Italia", particolarmente ricca di immagini fotografiche degli stadi di sviluppo di 52 specie di lepidotteri, edita anche in lingua inglese.

Le sue profonde conoscenze delle problematiche forestali ne hanno fatto un autorevole punto di riferimento per l'Amministrazione Regionale della Sardegna che, sotto suo suggerimento, ha istituito presso l'assessorato all'ambiente un Tavolo tecnico per la difesa fitosanitaria delle piante forestali. Questo tavolo, tuttora attivo, composto dagli organi tecnici delle Province sarde, dalle diverse Agenzie regionali che hanno competenza nel settore forestale e del Dipartimento di Agraria dell'Università degli Studi di Sassari, ha funzioni di coordinamento per la pianificazione e la programmazione delle attività di prevenzione, lotta e monitoraggio contro le avversità fitosanitarie forestali.

I risultati delle ricerche del Prof. Pietro Luciano sono



XXIV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Orosei (SS), giugno 2014.

sospensione dei trattamenti chimici che permette di salvaguardare la fauna utile indigena e, in particolare, due miridi predatori indigeni, *Macrolophus pygmaeus* e *Nesidiocoris tenuis*, e le popolazioni naturali di *D. isaea*.

La comparsa in Sardegna nel 1987 di *Frankliniella occidentalis* lo ha indotto a studiarne la diffusione e la dinamica di popolazione in aziende floricole in pieno campo e in ambiente protetto, evidenziando in quest'ultimo la presenza di un ceppo resistente all'attività di diversi insetticidi. Grazie a queste ricerche è stato possibile delineare una strategia di lotta integrata utile quando si opera la messa a dimora di nuove colture floricole poliennali in ambiente protetto.

Sempre con l'intento di acquisire un'esperienza diretta nei settori entomologici trattati nei suoi corsi di insegnamento, il Prof. Luciano si è occupato anche di fitofagi dannosi al verde pubblico soffermandosi soprattutto su quelli dannosi alle alberate cittadine. Dedicava particolare attenzione allo studio della dinamica di popolazione di *Eucallipterus tiliae* e di *Tinocallis platani* (Rincoti Afididi Fillafridini) e verifica la possibilità di applicare



Pietro Luciano con la signora e le splendide nipoti.

stati pubblicati sovente in riviste nazionali o in atti di congressi poiché in passato nella valutazione delle pubblicazioni era poco importante la collocazione editoriale e non si teneva conto di indici bibliometrici. Tuttavia, una lettura dei suoi lavori dimostra il rigore scientifico e l'impegno, molte volte pluriennale, che sono stati necessari per raggiungere risultati affidabili. Crediamo che con le risorse attuali e, soprattutto, per l'esigenza di curare la produzione quantitativa di pubblicazioni oggi sarebbe quasi proibitivo riproporre questo tipo di studi.

La sua capacità di comunicare e la sua naturale accoglienza nei confronti dei giovani ne hanno fatto anche un apprezzato didatta, come testimoniato dalle innumerevoli tesi di laurea di cui è stato relatore e dalle dimostrazioni di simpatia degli studenti, nonostante il rigore e l'obiettività con cui giudicava la preparazione degli esaminandi per i quali ha sempre avuto un assoluto rispetto anche formale. Era raro, infatti, sentire il professore dare del tu a uno studente o avere atteggiamenti meno che corretti anche in caso di conclamata impreparazione in sede di esame.

La laboriosa attività scientifica e didattica non ha comunque limitato il suo impegno sociale che inizia ufficialmente nella sua primissima giovinezza quando ad appena diciotto anni diventa il più giovane presidente diocesano dell'Azione Cattolica Italiana, svolgendo la sua attività nella Diocesi di Tempio Ampurias. Dal 1996 al 2003 è stato presidente provinciale delle ACLI di Sassari. Non si è mai voluto candidare a elezioni politiche ma, nei limiti di tempo che gli impegni accademici gli concedevano, ha sempre promosso i principi e le iniziative della parte politica che riteneva più vicino alle sue idee. Il suo impegno e il suo entusiasmo hanno avuto un brusco rallentamento con la caduta degli ideali che sorreggevano i partiti e la deriva sempre più personalistica della politica.

Il prof. Pietro Luciano è stato un grandissimo punto di riferimento come docente e come scienziato e da lui il Dipartimento di Agraria di Sassari ha ereditato linee di ricerche ancora attive e una ricca rete di collaborazioni

che rendono più semplice il lavoro dei ricercatori. È certo però che, per chi lo ha conosciuto e ha avuto la possibilità di frequentarlo, il ricordo più intenso vada alle sue doti umane. Accompagnava, infatti, ad una indiscussa autorevolezza una natura allegra ed empatica che lo portava a stabilire legami di simpatia e, spesso, di amicizia con le persone che frequentava anche solo occasionalmente per lavoro.

Con i colleghi e gli allievi i suoi rapporti non sono mai stati improntati solo agli aspetti professionali ma ha sempre partecipato anche emotivamente alle vicende private. Insieme alla sua Signora, non mancava mai alle feste in occasione, per esempio, dei matrimoni o anche semplicemente alle cene organizzate a fine anno spesso su iniziativa dei ragazzi che frequentavano la sezione di Entomologia.

Il professore aveva un forte senso di appartenenza alla comunità scientifica degli entomologi e trovava un grande piacere nel partecipare ai congressi per incontrare i colleghi di tutta Italia.

La grande forza di volontà, lo spirito con cui affrontava i problemi e il vivo interesse nei confronti delle persone che conosceva sono sicuramente dovuti ad una sua incrollabile fede religiosa che gli ha consentito di superare periodi molto difficili. Nella sua vita purtroppo non sono mancati gravi problemi di salute. Già nel 2002 gli fu diagnosticato un terribile male che riuscì a superare con una complicata operazione chirurgica. Al suo rientro in dipartimento i suoi ritmi di lavoro diventarono ancora più intensi e a chi gli consigliava di rallentare l'attività, visto i problemi di salute che aveva appena superato, rispondeva che le malattie ci ricordano che la nostra vita ha un termine e che fino a che siamo su questa terra non dobbiamo sprecare il tempo che ci è stato concesso.

Questo atteggiamento nell'affrontare la brevità esistenziale lo ha accompagnato tutta la vita e crediamo che, per i suoi amici, per i suoi allievi e per i suoi familiari, l'esempio che ci ha dato rappresenti la sua più importante eredità.

EGIDIO MELLINI (1924-2024)

MARIA LUISA DINDO

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari, viale Fanin, 42, 40127, Bologna.
e-mail: marialuisa.dindo@unibo.it*

Commemorazione tenuta nella Seduta Pubblica dell'Accademia, Napoli, 13 giugno 2024.

Caro Presidente, Colleghi Accademici, Signore e Signori, trovate qui scritta la commemorazione dedicata alla figura del professor Egidio Mellini, una personalità accademica di grande rilievo che ha lasciato un segno profondo nella storia dell'entomologia italiana e non solo. Ho avuto il privilegio di essere sua allieva e poi collaboratrice per molti anni, e ritengo un onore averlo potuto ricordare a Napoli, dove, in un certo senso, tutto ha avuto inizio. Egidio Mellini, infatti, era stato allievo e collaboratore di Guido Grandi, il fondatore dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna, il quale, a sua volta, era stato, a Napoli, assistente di Filippo Silvestri, prima di rientrare a Bologna.

Nel ricordare il professor Mellini (per me, semplicemente, "il professore"), vorrei iniziare dalle sue notevoli capacità didattiche. Chiunque abbia avuto la fortuna di assistere alle sue lezioni non può dimenticarle. Si svolgevano nei primi giorni della settimana, alle 8 del mattino, eppure, nonostante l'ora, erano talmente affascinanti e coinvolgenti da essere sempre affollate e seguite con grande interesse. La capacità del professor Mellini di catturare l'attenzione derivava da una autentica passione per la materia e da una profonda cultura che andava oltre l'entomologia. Il suo carattere riservato si dissolveva in cattedra, dove emergeva con forza la sua straordinaria capacità comunicativa, che ha saputo accendere l'interesse di intere generazioni di studenti. Anche per me, che già amavo gli insetti, è stato proprio grazie alle sue lezioni che la passione per l'entomologia si è sviluppata, accompagnandomi fino ad oggi.

In parte, il carattere schivo del professore era condizionato dalle sue origini: era infatti nato (nel 1924) nella frazione di un piccolo borgo dell'Appennino tosco-emiliano, un luogo a cui è rimasto profondamente legato per tutta la vita, scegliendo di ritirarsi lì dopo la pensione. La sua carriera accademica era iniziata nel 1948 con la laurea in Scienze Naturali conseguita presso l'Università di Bologna, con tesi in Anatomia Comparata, sotto la guida del professor Pasquale Pasquini: fu proprio Pasquini a presentarlo al professor Grandi, di cui Mellini divenne assistente, iniziando una brillante carriera scientifica, culminata, nel 1970, con la nomina a professore straordinario (ordinario nel 1973), e, nel 1972, con l'ingresso in questa Accademia.

Il professor Mellini ha lavorato per cinquant'anni nell'Istituto di Entomologia di Bologna, fino al 1998,

anno del suo pensionamento. Io lo conobbi a fine anni '70 del secolo scorso, quando, affascinata dalle sue lezioni, gli chiesi la tesi di laurea. All'epoca la facoltà di Agraria e l'Istituto di Entomologia si trovavano in un'area verde del centro di Bologna (oggi sede di un dipartimento di discipline umanistiche e di uffici amministrativi). Il professore, quando era in Istituto, trascorreva la maggior parte del suo tempo nel suo studio, dove anche i suoi allievi, me compresa, trascorrevano lunghe, piacevoli, ore in conversazioni di carattere entomologico e non solo.

Considero un vero privilegio l'aver potuto partecipare alle conversazioni con il professore, e assistere alle sue lezioni, perché, al di fuori di queste, le occasioni di poterlo ascoltare erano davvero rarissime. Una di queste, occasionali, partecipazioni riguardò il Congresso Nazionale Italiano di Entomologia organizzato dall'Istituto di Entomologia di Portici, nel 1976 (prima che io mi iscrivessi all'Università). Partecipò con una relazione dal titolo "Moderni problemi di entomoparassitologia" ⁽⁷⁸⁾, che mi piace ricordare, perché tocca i tre principali argomenti di ricerca (tutti legati ai parassitoidi) a cui il professore ha dedicato la sua carriera scientifica, vale a dire il confronto tra le manifestazioni parassitarie dei ditteri tachinidi e degli imenotteri; il ruolo degli ormoni dell'ospite sul ritmo di sviluppo dei parassitoidi e la possibilità di allevamento dei parassitoidi su diete artificiali, argomento a cui lui si è dedicato fino al giorno del suo pensionamento.

Il contributo del professor Mellini all'entomologia è stato davvero notevole e ha aperto nuovi orizzonti, soprattutto per quanto riguarda lo studio dei ditteri tachinidi. Le ricerche hanno dato origine a 75 pubblicazioni dedicate a questi parassitoidi. La maggior parte delle quali pubblicate sul Bollettino dell'Istituto di Entomologia di Bologna. Riguardo agli argomenti, le basi in anatomia comparata del professore si sono, in parte, riflesse sulla sua attività di ricerca, soprattutto in quella svolta negli anni '50 del secolo scorso: mi piace, a questo proposito, ricordare i lavori (tuttora di riferimento) riguardanti gli imbuti respiratori dei tachinidi ^(51, 52, 53). Ma è stato soprattutto a partire dalla fine degli anni '70 che le ricerche del professore e del suo gruppo hanno avuto un notevole impulso, molto grazie al fatto che lui e i suoi allievi hanno potuto avviare in Istituto degli allevamenti continui di alcune specie di tachinidi, tutti a spese di un ospite di sostituzione, il lepidottero *Galleria mellonella* (L.). Il primo ad essere allevato è stato un tachinide

larva-pupale a uova microtipiche, *Pseudogonia rufifrons* (Wiedemann) [= *Gonia cinerascens*, (Rondani)], su cui ho svolto anche io la mia tesi di laurea (da cui è derivata la mia prima pubblicazione, ovviamente in collaborazione col professore ⁽⁹⁵⁾).

A questo proposito, cito un ricordo personale che risale proprio all'epoca della mia tesi, o poco dopo. Nell'allevamento di *G. mellonella* serpeggiava una virosi che uccideva le larve e rendeva difficile lo svolgimento delle ricerche. Ricordo di essere passata per il corridoio dell'Istituto con una scatola di larve parassitizzate; alla domanda del professore su come stessero, risposi con sicurezza che godevano di ottima salute. Lui a quel punto aprì la scatola e dentro c'erano, lo ricordo bene, due larve morte, nere. Io, imbarazzata, gli garantii che fino a un attimo prima le larve erano vive... A quel punto lui, con un sorriso sarcastico, mi disse: "Si vede che io ho lo sguardo che uccide!". Era il suo modo di sdrammatizzare, con quella vena di ironia che lo caratterizzava.

Ma tornando alle sue ricerche, uno degli argomenti su cui il professore ha concentrato molti sforzi e anche molto studio (lui studiava moltissimo) è stata la cosiddetta "ipotesi ormonale" che lui ha formulato (in contemporanea a pochi altri ricercatori al mondo) già a metà degli anni '70, perfezionandola negli anni '80, ^(74, 103) e in base alla quale alcuni parassitoidi, tachinidi, ma non solo (quelli che più tardi sono stati definiti "conformers") dipendono per il loro sviluppo dagli ormoni rilasciati dall'ospite. Questa ipotesi, da lui avanzata sulla base delle sue conoscenze è stata in seguito dimostrata sperimentalmente dai suoi allievi (Baronio P., Sehna F., 1980. - Dependence of the parasitoid *Gonia cinerascens* on the hormone of its lepidopterous hosts. - Journal of Insect Physiology, 26 (9): 619-626; Fanti P., 1990. - Fattori ormonali inducenti la prima muta larvale del parassitoide *Pseudogonia rufifrons* Wied. (Diptera Tachinidae) in substrati di crescita in vivo e in vitro, Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna 45: 47-59- 1991). Anche questo ha contribuito a consolidare la buona fama del professor Mellini in campo internazionale.

Un altro aspetto saliente dell'opera del professore riguarda le sue revisioni, tutte rivolte a vari aspetti dell'entomofagia degli insetti, in particolare al parassitoidismo,

e che derivavano, certamente, dai lavori sperimentali, ma anche dalla sua profonda conoscenza dei fenomeni, derivata dall'attenta opera di studio. Tra queste, ricordo in particolare quella intitolata "Sinossi di biologia del Ditteri Larvevoridi" che rappresenta tuttora un riferimento per quanto riguarda la biologia dei tachinidi e le loro interazioni con l'ospite ⁽¹²²⁾. Tutte le revisioni sono state scritte in un italiano raffinato e scorrevole risultando quindi particolarmente piacevoli alla lettura. Vale la pena sottolineare che quasi tutte le opere del professore, comprese quelle di carattere sperimentale, sono state pubblicate in italiano, sebbene corredate da un riassunto in inglese. Ciò non gli ha tuttavia impedito di acquisire notorietà a livello internazionale: i suoi lavori hanno superato le barriere linguistiche e sono stati, e in alcuni casi continuano a essere, citati da autori stranieri, soprattutto statunitensi. Con alcuni di questi autori, il professore ha inoltre intrattenuto una corrispondenza epistolare e noi, suoi collaboratori, abbiamo potuto beneficiare di questi contatti, trascorrendo fruttuosi periodi di formazione all'estero. Questo, però, lo rendeva soddisfatto solo fino a un certo punto, poiché – come già accennato – non aveva un carattere facile.

Da ultimo (ma non è certamente un aspetto poco importante), vorrei sottolineare le qualità del professore come divulgatore: grazie alla sua profonda conoscenza dell'entomologia, e alla sua prosa chiara ed elegante, è riuscito a rendere fruibili e accattivanti svariati argomenti aventi gli insetti come protagonisti. Tra i tanti articoli, ricordo quello intitolato "Vagabondaggi entomologici in pieno inverno sulle coste tunisine" ⁽¹⁴⁷⁾, in cui il professore, in età matura, racconta come avesse completato lo studio degli insetti delle zone desertiche nel nord Africa, che aveva già condotto in gioventù nel corso di diverse spedizioni. Questi studi (e, in anni successivi, quelli condotti sugli altipiani desertici della Bolivia) lo avevano portato a pubblicare diversi articoli, da solo o con compagni di spedizione ^(6,7,8,15, 17,18, 111, 113). Si trattava, in quel caso, di articoli scientifici, ma sempre fruibili e affascinanti, in linea con la sua personalità e con la sua vita, una vita dedicata alla conoscenza, alla docenza e allo studio di una natura che tanto amava e che sapeva raccontare con competenza e poesia.

STEFANO MAINI

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari, viale Fanin, 42, 40127, Bologna.
e-mail: stefano.maini@unibo.it

Ho avuto la possibilità di conoscere il professor Egidio Mellini, a quel tempo ancora assistente, nel momento della scelta della mia tesi di laurea. Non avevo seguito il suo corso di Entomologia agraria perché lo svolgeva solamente la direttrice dell'Istituto di Entomologia, prof.ssa Maria Matilde Principi. Mi appassionai, come studente, ancora di più all'entomologia che amavo fin da bambino. Quindi al secondo anno chiesi di essere ammesso per l'internato. Un primo argomento di tesi propo-

sto sarebbe stato su *Cydia pomonella*, con periodi di ricerche in campo da aprile, maggio e oltre. Come avrei fatto a conciliare tesi ed esami? Andai così a domandare, su suggerimento del prof. Giovanni Briolini, la tesi al prof. Mellini. L'argomento che mi propose fu la piralide del mais con i suoi nemici naturali, con l'inizio delle ricerche a giugno. Avrei avuto il tempo per sostenere i pre-appelli d'esame! Correva l'anno 1970, a Bologna c'erano già stati dei subbugli studenteschi, ma non alla

facoltà di Agraria. L'Istituto di Entomologia, con ancora in vita l'emerito professor Guido Grandi, il preside e prorettore Gabriele Goidanich, era un'area di tranquillità, silenzio e studio. Ecco! Ci fu così questa fortunata coincidenza che mi fece conoscere e apprezzare la serietà, disponibilità e rigore scientifico di Mellini che, subito, ad uno studentello di agraria com'ero io, mi presentò il Maestro dell'entomologia, Guido Grandi. Purtroppo, di lì a poco Grandi ci avrebbe lasciato, ma ancora oggi, è vivo il ricordo di aver potuto stringere la mano al Maestro in presenza del suo allievo Mellini!

Dall'1 novembre 1973, Mellini entrò in servizio come professore ordinario. Si poteva così chiamare col il titolo non abbreviato ma intero! Questo perché ricordo bene che a lui non piaceva essere un 'prof'. Infatti, perché allora non chiamare un avvocato avv., un magistrato mag. e un ingegnere ing., ecc. Alla cattedra, cosiddetta 'seconda', si affiancò Piero Baronio come suo assistente. In seguito, entrammo a fare parte del gruppo Guido Campadelli e io come borsisti/contrattisti, e con i nuovi tesisti e borsisti (in particolare Paolo Fanti, Alessandro Bratti, Maria Luisa Dindo) e il tecnico Luigi Ruggeri, si costituì una piccola unità di ricerca sui Tachinidi.

Il corso di Entomologia agraria, visto l'aumento delle iscrizioni di studenti alla facoltà, venne sdoppiato con lezioni di Mellini alle 8, mentre quelle della Principi alle 11. Le lezioni erano tenute con le famose tavole dipinte a mano che venivano integrate da una esposizione di scatole entomologiche della collezione.

Ma fin qui ho parlato di me! Cosa posso dire della figura di Mellini?

Diede certamente a tanti giovani le basi e gli elementi per condurre con serietà le ricerche in entomologia. Mellini, nonostante le lezioni fossero al mattino presto, aveva sempre un bel numero di studenti in aula. Erano lezioni svolte con grande passione (penso che molti suoi ex-studenti le ricordino ancora!) seguite certamente con attenzione perché era un vero piacere ascoltarlo.

Nella ricerca e 'amministrazione' dei fondi mi colpiva inoltre la sua onestà e forse, con lo spirito del montanaro, non voleva assolutamente nessun tipo di spreco, in particolare dei soldi pubblici. Al contrario, quando c'era una occasione per fargli visita a Borgo Capanne, ci faceva trovare cibi genuini, vino e castagne in quantità! La sua era una sincera generosità che in particolare ha manifestato nei confronti del dottorando del Mali Amadou Coulibaly che ospitò a casa sua anche quando era già in pensione.

Per la semplice cancelleria era particolarmente parsimonioso: riguardo ai fogli di carta – dove si prendevano appunti e bozze – se scritti a metà, la parte indenne e ancora utilizzabile non era da cestinare! Le fotocopie (quando comparve una prima fotocopiatrice in Istituto) dovevano essere stampate al minimo indispensabile. Per le telefonate, queste dovevano essere esclusivamen-



Il professor Mellini, con la moglie Vanda.

te di lavoro. Addirittura le matite (il professore adoperava molto la matita al posto della penna stilografica o a sfera), venivano adoperate fino a raggiungere pochi centimetri. A tutti poi suggeriva l'uso di un apposito bastoncino a mo' di prolunga! Ecco, questo era l'animo del professore, rigoroso e molto attento al risparmio anche dei materiali di laboratorio. I fondi dell'università, del CNR, ecc. non dovevano essere sperperati! La burocrazia – anche se un tempo forse meno 'esagerata' – metteva spesso dei laccioli. Un aneddoto: Baronio e Campadelli trovarono una impastatrice di seconda mano utile per la preparazione della dieta artificiale per *Galleria mellonella* e *Ostrinia nubilalis*. Fu una odissea riuscire a pagare questo 'strumento' che sembrava essere stato un incauto acquisto, invece che un risparmio! Altro caso, sempre per non spendere in celle climatiche dal costo esagerato, fu la scelta di adattare due cassoni coibentati di furgoni da rottamare. Questi cassoni, nello scantinato d'Istituto, con piccoli aggiustamenti – un termostato e una stufetta elettrica – vennero utilizzati per gli allevamenti. Un primo cassone venne riverniciato mentre l'altro sfoggiava, il suo bel colore giallo e verde e la scritta "Galbani"!

Alle volte il suo 'rigore' era un po' troppo esagerato! Come riportano Fanti e Bratti [*Bulletin of Insectology* 72 (1): 155-160] "Getting in tune with Egidio Mellini was not a quick and easy task, but if you could capture his attention and be admitted in his circle, you could see a very different and special person".

Purtroppo, se si chiudevano dei rapporti scientifici e di collaborazione tra il professore e i colleghi o allievi, questi ben difficilmente si sarebbero potuti riaprire. Ma non solo, Mellini si metteva proprio in una strana situazione di non ritorno, come se dovesse seguire il concetto dell'ora scoccata delle decisioni irrevocabili. Non aveva la volontà di riconciliazione, sia riferita a rapporti di scienza o di amicizia e, qualora succedesse una incomprensione, addirittura 'chiudeva' con i colleghi di Istituto.

Per ricerche entomologiche e non solo, fece molte spedizioni e viaggi all'estero. Ricordo che, tra il serio e il faceto, a riguardo delle missioni in Libia e in Africa,

ripeteva la frase ‘allungheremo lo stivale fino all’Africa orientale’. Queste missioni in Africa erano abbastanza ‘eroiche’ condotte assieme ad altri docenti, tecnici e ricercatori delle università di Sassari e di Perugia e con Pierino Giunchi dell’osservatorio malattie piante diretto da Guido Grandi. Successivamente fece parecchie spedizioni in sud America assieme al missionario entomologo padre Bruno Bonelli.

Grande appassionato di motociclette e a lunghi viaggi col vento in faccia, quando scattò l’obbligo del casco, smise di andare in moto! Aveva deciso che il casco non faceva per lui e tale vincolo sarebbe stato come una costrizione insopportabile! Si tolse però lo sfizio e l’ebbrezza, ultraottantenne, di scorrazzare – al volante di una spider Alfa Romeo duetto rossa – in Appennino, all’aria aperta e in velocità. Possedeva anche dei quad, certamente guidati senza casco!

Sui libri della biblioteca aveva un’attenzione estrema e si arrabbiava se per caso notava una copertina strappata o una cosiddetta ‘orecchia’ nelle pagine di una rivista. I giornali scientifici, che arrivavano in cambio con il nostro Bollettino dell’Istituto di Entomologia, di cui fu direttore per molti anni, venivano esaminati e contrassegnati in modo da non essere poi consultati più di una volta. La sua amata biblioteca di Istituto di Entomologia, in via Filippo Re 6, è ora sistemata in una unica biblioteca centralizzata di agraria ‘Gabriele Goidanich’. Da pensionato non è più venuto a vederla, da quando, appunto come biblioteca multidisciplinare, è stata assemblata nella nuova sede. Credo anzi che Mellini, all’indirizzo di viale Fanin 50, non sia mai venuto per constatare la sistemazione, non solo della biblioteca, ma nemmeno degli uffici, laboratori e collezione. Invece, prima che perdesse la vista, venne diverse volte la Principi.

Nella biblioteca ‘Gabriele Goidanich’ di agraria, le vecchie copertine di libri e giornali di entomologia, certamente hanno ancora queste sigle (una EM caratteristica del Professore) scritta rigorosamente a matita, a conferma dell’avvenuta visione o lettura degli articoli o dei libri man mano ricevuti. Questo era il modo per tenersi sempre al corrente degli studi e ricerche e dei progressi della scienza entomologica... mentre oggi ci sono i *data base*. Il Professore Mellini era, per quanto riguarda l’entomologia, un *data base* vivente!

PUBBLICAZIONI DI EGIDIO MELLINI

1. Mellini E., 1951 – *Osservazioni su alcuni Insetti della Carlina acaulis L. f. caulescens Lam.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 18: 205-244.
2. Mellini E., 1951 – *Insetti del Carduus nutans L. I. Lixus elongatus Goeze (Coleoptera Curculionidae).* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 18: 272-292.
3. Mellini E., 1951 – *Insetti del Carduus nutans L. II. Rhinocyllus conicus Frölich e Larinus jaceae F. (Coleoptera Curculionidae).* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 18: 319-349.
4. Mellini E., 1952 – *Insetti del Carduus nutans L. III. Euribia solstitialis L. (Diptera Trypetidae).* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 19: 97-119.
5. Mellini E., 1952 – *La mosca della frutta.* - Informatore Fitopatologico, 5: 4-5.
6. Mellini E., Fiori G., 1952 – *Relazione su una missione di studio nel deserto libico.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 19: 251-261.
7. Fiori G., Mellini E., 1953 – *Relazione su un viaggio di studio condotto dall’Istituto di Entomologia dell’Università di Bologna in Algeria.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 19: 121-135.
8. Mellini E., Fiori G., 1954 – *Risultati delle missioni entomologiche dei Dottori G. Fiori ed E. Mellini nel Nord Africa. I. Ricerche di ecologia e di etologia sulla Entomofauna dello “Uádi Sofeggìn” (Tripolitania).* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 20: 29-51.
9. Mellini E., 1953 – *Influenze esercitate dalla vittima sul parassita nella simbiosi antagonistica Pterophorus microdactylus Hbn. (Lepidoptera Pterophoridae) e Phytomyptera nitidiventris Rond. (Diptera Larvaevoridae).* - Rendiconti dell’Accademia Nazionale dei Lincei, 15: 445-449.
10. Mellini E., 1954 – *Pterophorus microdactylus Hbn. (Lepidoptera Pterophoridae) nella biocenosi di Eupatorium cannabinum.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 20: 275-307.
11. Mellini E., 1954 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. I. Phytomyptera nitidiventris Rond.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 20: 309-332.
12. Mellini E., 1954 – *“Mosche” utili.* - Natura e Montagna, 1 (2-3): 54-56.
13. Mellini E., 1954 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. II. Meigenia mutabilis Fall. su Agelastica alni L. (Coleoptera Chrysomelidae).* - Rivista di Parassitologia, 15: 489-512.
14. Mellini E., 1955 – *Notizie su nuove e vecchie specie d’insetti dannosi ai frutteti.* - Moderna frutticoltura, 8 pp.
15. Mellini E., Fiori G., 1956 – *Rapporto sulla seconda missione di studio in Tripolitania.* - Atti dell’Accademia di Scienze Istituto di Bologna, Memoria n. 3, 29 pp.
16. Fiori G., Mellini E., 1956 – *L’Istituto di Entomologia dell’Università di Bologna nel Nord-Africa.* - Natura e Montagna, 3 (1): 3-12.
17. Mellini E., 1956 – *Risultati delle missioni entomologiche dell’Istituto di Entomologia dell’Università di Bologna nel Nord-Africa compiute dai Dottori G. Fiori ed E. Mellini. VIII. La vita entomica nell’oasi e nella piana di Mizda.* - Bollettino dell’Istituto di Entomologia della Università degli Studi

- di Bologna, 21: 213-242.
18. Mellini E., 1956 – *Risultati delle missioni entomologiche dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna nel Nord-Africa compiute dai Dottori G. Fiori ed E. Mellini. IX. Aspetti estivi della entomofauna dello Uádi Sofeggìn e suoi affluenti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 21: 243-276.
19. Mellini E., 1956 – *Insetti e gastronomia (Alle massaie d'Italia).* - Natura e Montagna, 3 (4): 82-87.
20. Mellini E., 1957 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. III. Sturmia bella Meig. su Inachis io L. (Lepidoptera Nymphalidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 22: 69-98.
21. Mellini E., 1957 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. IV. Ptilopsina nitens Zett. parassita di Plagioderia versicolor Laich. (Coleoptera Chrysomelidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 22: 135-176.
22. Mellini E., 1957 – *Contributo alla conoscenza dei fattori determinanti l'esito della competizione tra parassiti endofagi in vittime superparassitizzate e multiparassitizzate.* - Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, 23: 294-300.
23. Mellini E., 1957 – *Insetti e musica.* - Natura e Montagna, 4 (4): 75-80.
24. Mellini E., 1958 – *Effetti della penetrazione precoce nell'ospite sullo sviluppo del parassita.* - Atti dell'Accademia delle Scienze Istituto di Bologna, 5: 1-9.
25. Mellini E., 1958 – *Nozioni sulla lotta biologica contro gli insetti dannosi all'Agricoltura.* - Osservatorio Fitopatologico di Bologna, Nota Tecnica n. 11, 27 pp.
26. Mellini E., 1959 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. V. Macquartia chalconota Meig. su Crysomela fastuosa Scop. (Coleoptera Chrysomelidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 23: 1-34.
27. Mellini E., 1959 – *Le Nottue.* - Le avversità delle piante agrarie, 2 (7): 1-8.
28. Mellini E., 1959 – *I Microlepidotteri minatori delle foglie del melo.* - Le avversità delle piante agrarie, 2 (16): 3-9.
29. Principi M. M., Mellini E., 1960 – *I mezzi di lotta contro gli insetti nocivi. Lezioni tenute nell'A.A. 1958-59.* Casa Editrice Riccardo Pàtron, Bologna, 154 pp.
30. Mellini E., 1960 – Recensione di: Herting B., 1960. *Biologie der westpaläartischen Raupenfliegen. Dipt. Tachinidae – Monographien zur angewandten Entomologie*, Band 16, 188 pp., 12 figg., Parey, Hamburg und Berlin – In: Bollettino della Società Entomologica Italiana, 90: 47-48.
31. Mellini E., 1960 – *Insetticidi biologici: il Bacillus thuringiensis.* - Progresso Agricolo, 6: 1-7.
32. Mellini E., 1960 – *Scolitidi delle piante arboree, loro malefatte e mezzi per combatterli.* - Osservatorio delle malattie delle piante di Bologna, circolare n. 15, 18 pp.
33. Mellini E., 1960 – *Parassiti animali del fagiolo.* - Enciclopedia agraria italiana, 4: 297.
34. Mellini E., 1960 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. VI. Bessa selecta (Meig.) su Nematus melanaspsis Htg. (Hymenoptera Tenthredinidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 24: 175-207.
35. Mellini E., 1960 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. VII. Bessa fugax Rond. e Phryxe vulgaris Fall. su Hypera salviae Schrank (Coleoptera Curculionidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 24: 209-238.
36. Mellini E., 1961 – *Parassiti animali del fico.* - Enciclopedia agraria italiana, 4: 605-607.
37. Mellini E., 1961 – *Orientamenti e progressi negli studi sul parassitismo degli insetti entomofagi.* - Atti dell'Accademia Nazionale italiana di Entomologia, 8: 62-65.
38. Mellini E., 1961 – *Impiego di insetti fitofagi per combattere piante infestanti.* - Progresso Agricolo, 7: 747-756.
39. Mellini E., Giunchi P., 1961 – *Prove di lotta contro la Diaspis pentagona Targ. su Pesco.* - Osservatorio delle Malattie delle Piante di Bologna, Nota tecnica n. 12, 11 pp.
40. Mellini E., Giunchi P., 1962 – *Lotta contro la Diaspis pentagona del pesco.* - Atti Giornate Fitopatologiche: 45-52.
41. Mellini E., 1962 – *Il Doclostauro maroccano ed il Callittamo italico.* - Le avversità delle piante agrarie, 3 (2): 10 pp.
42. Mellini E., 1962 – *I Coleotteri dannosi alla barbabietola.* - Le avversità delle piante agrarie, 3 (11): 10 pp.
43. Mellini E., 1962 – Recensione di: Weiser J. – *Die Mikrosporidien als Parasiten der Insekten.* – Monographien zur angewandten Entomologie, Heft 17, 149 pp., 1961 – In: Bollettino della Società Entomologica Italiana, 92: 62-63.
44. Mellini E., 1962 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. VIII. Strobliomyia tibialis R. D. su Lithosia complana L. (Lepidoptera Arctiidae) e generalità sulla sopravvivenza degli Insetti ospiti all'esodo dei parassitoidi.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 26: 103-129.
45. Mellini E., 1962 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. IX. Steiniella callida Meig. su Melasoma populi L. (Coleoptera Chrysomelidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 26: 131-159.
46. Mellini E., 1962 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. X. Influenze degli stadi postembrionali dell'ospite (Melasoma populi L.) sul ritmo di sviluppo del parassita (Steiniella callida Meig.).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 26: 161-177.

47. Mellini E., 1963 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XI. Nemoraea pellucida (Meig.) su Spilarctia lubricipeda L. (Lepidoptera Arctiidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 26: 241-272.
48. Mellini E., 1964 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XII. Nemorilla maculosa Meig. su Depressaria marcella Rebel (Lepidoptera Gelechiidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 27: 145-169.
49. Mellini E., 1964 – *Biologia dei Ditteri parassiti di Coleotteri adulti. (Relazione presentata al I Congresso internazionale di Parassitologia. Roma, settembre 1964). (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XIII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 27: 171-192.
50. Mellini E., 1964 – *Diptera Parasite of Adult Coleoptera.* - Proceedings of the First International Congress of Parasitology, Roma, pp. 1.
51. Mellini E., 1965 – *L'imbuto respiratorio negli ospiti dei Ditteri Larvevoridi.* - Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 12: 47-62.
52. Mellini E., Cucchi C., 1965 – *Origine e struttura dell'imbuto respiratorio indotto da Steiniella callida Meig. (Dipt. Larvaevoridae) nelle larve di Melasoma populi L. (Col. Chrysomelidae).* (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XV contributo). - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 27: 215-227.
53. Mellini E., Cucchi C., 1966 – *Imbuti respiratori tegumentali secondari indotti da Meigenia mutabilis Fall. (Diptera Larvaevoridae) in larve di Coleotteri Crisomelidi.* - Archivio Zoologico Italiano, 51: 359-376.
54. Fiori G., Mellini E., Crovetto A., 1966 – *Brevi considerazioni sulle orme lasciate sulla sabbia da alcuni insetti subdeserticoli e deserticoli.* - Studi Sassaesi, 14: 3-23.
55. Mellini E., Callegarini C., 1967 – *Ricerche elettroforetiche sulle proteine dell'emolinfa delle larve di Anagasta kuehniella Zell. (Lep., Pyralidae) parassitizzate da Devorgilla canescens (Grav.) (Hym. Ichneumonidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 28: 241-252.
56. Mellini E., 1967 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XVII. Destino di Meigenia mutabilis Fall. in ospiti parassitizzati verso la fine della vita larvale.* - Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 15: 32-42.
57. Mellini E., Callegarini C., 1968 – *Analisi elettroforetica delle emoproteine delle larve di Chrysomela herbacea Duft. (Col. Chrysomelidae) parassitizzate da Meigenia mutabilis Fall. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XVIII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 29: 49-59.
58. Mellini E., 1969 – *Nuovi metodi biologici di lotta contro gli insetti nocivi: I) Gli attrattivi sessuali.* - Frutticoltura, 31: 397-402.
59. Mellini E., 1969 – *Nuovi metodi biologici di lotta contro gli insetti nocivi: II) Gli ormoni.* - Frutticoltura, 31: 723-728.
60. Mellini E., 1969 – Recensione di: Talhouk A. S., 1969 – *Insects and Mites injurious to Crops in Middle Eastern Countries.* - Monographien zur angewandten Entomologie, 21, 239 pp., 1961 – In: Bollettino della Società Entomologica Italiana, 99: 209-210.
61. Mellini E., 1969 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XX. Influenze esercitate dalla vittima sul parassita.* - Memorie della Società Entomologica Italiana, 48: 324-350.
62. Mellini E., 1970 – *Guido Grandi.* - Natura e Montagna, 10 (4): 21-23.
63. Mellini E., 1970 – *Un feromone maschile, inducente la monogamia nella femmina, quale mezzo di lotta biologica contro gli insetti.* - Natura e Montagna, 10 (4): 46.
64. Mellini E., 1971 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XIX. Sullo sviluppo di Ptilopsina nigrisquamata Zett., parassita di larve, differito in ospiti adulti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: 55-63.
65. Mellini E., 1971 – *Produzione di uova alimentari in seno alla società delle formiche.* - Natura e Montagna, 11 (1): 47.
66. Mellini E., 1971 – Recensione di: Eidmann H., 1970 – *Lehrbuch der Entomologie*, II edizione, 663 pp., Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. In: Bollettino della Società Entomologica Italiana, 103: 43-44.
67. Mellini E., Baronio P., 1971 – *Ricerche sulla variabilità megetica del parassita in relazione allo stadio in cui l'ospite viene contaminato. (Studi sui Ditteri Larvevoridi, XXI).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: 89-102.
68. Mellini E., Baronio P., 1971 – *Superparassitismo sperimentale e competizioni larvali del parassitoide solitario Macquartia chalconota Meig. (Studi sui Ditteri Larvevoridi, XXII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: 133-152.
69. Mellini E., Baronio P., 1971 – *Ulteriori indagini sulle dimensioni raggiunte dal parassita in rapporto allo stadio in cui l'ospite viene attaccato. (Studi sui Ditteri Larvevoridi, XXIII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: 189-204.
70. Mellini E., 1972 – *Sul riconoscimento esterno del sesso negli stadi preimmaginali degli Insetti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: 265-287.
71. Principi M. M., Mellini E., 1973 – *Editoriale.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 30: I.

72. Mellini E., 1973 – *Ditteri parassiti di Ditteri. (Studi sui Ditteri Larvevoridi, XXIV).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 32: 59-81.
73. Mellini E., 1974 – Recensione di: Bohlen E., 1973. *Crops pests in Tanzania and their control*, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 142 pp – In: Bollettino della Società Entomologica Italiana, 106 (5-7): 130-131.
74. Mellini E., 1975 – *Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXV. Sul determinismo ormonale delle influenze esercitate dagli ospiti sui loro parassiti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 31: 165-203.
75. Mellini E., 1975 – *Possibilità di allevamento di Insetti entomofagi parassiti su diete artificiali.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 32: 257-290.
76. Mellini E., 1976 – *Risultati delle missioni entomologiche dei professori G. Fiori ed E. Mellini nel Nord-Africa. XXXII. Attività della entomofauna nelle oasi di Mízda e di El-Ghéria Esc-Scerghia in primavera avanzata.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 33: 55-114.
77. Mellini E., 1976 – *Risultati delle missioni entomologiche dei professori G. Fiori ed E. Mellini nel Nord-Africa. XXXIII. Etologia degli insetti dello Uádi Sofeggín ed altri Uidián della Ghíbla nel mese di maggio.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 33: 115-214.
78. Mellini E., 1976 – *Moderni problemi di entomoparassitologia.* - Atti XI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Portici: 263-292.
79. Mellini E., 1978 – Recensione di: Kranz J., Schmutterer H., Koch W., 1977. *Diseases, Pests and Weeds in Tropical Crops*, Paul Parey, Hamburg und Berlin, 666 pp – In: Rivista di Agricoltura Subtropica e Tropicale, 72: 188-190.
80. Mellini E., 1978 – *Il punto su: Nuove speranze nel campo della lotta contro gli insetti: gli insetticidi della IV generazione.* - La difesa delle piante, 1: 27-30.
81. Mellini E., Testa I., Campadelli G., Cavicchi S., 1978 – *Influenze del sesso dell'ospite sullo sviluppo del parassita nella coppia Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXVI).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 34: 111-123.
82. Mellini E., Campadelli G., 1978 – *Sulla schiusura delle uova microtipiche di Gonia cinerascens Rond. in condizioni sperimentali. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXVII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 34: 153-189.
83. Mellini E., Rapisarda V., Briolini G., 1979 – *Effetti indiretti della densità dell'ospite (Galleria mellonella L.) sullo sviluppo del parassita (Gonia cinerascens Rond.) in condizioni sperimentali. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXVIII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 1-12.
84. Mellini E., Galassi L., Briolini G., 1979 – *Effetti della temperatura sulla coppia ospite-parassita Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXIX).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 13-28.
85. Mellini E., Campadelli G., 1980 – *Confronto ponderale tra individui parassitizzati e indenni nella coppia ospite-parassita Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi XXX).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 109-125.
86. Mellini E., Malagoli M., Ruggeri L., 1980 – *Substrati artificiali per l'ovideposizione dell'entomoparassita Gonia cinerascens Rond. (Diptera Larvaevoridae) in cattività. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXI).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 127-156.
87. Mellini E., Gironi R., 1980 – *Effetti di uno iuvenoida sulla coppia ospite-parassita Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 189-213.
88. Gardenghi G., Mellini E., 1980 – *Sulla formazione dell'uovo microtipico e del relativo apparato di fissazione in Gonia cinerascens Rond. (Diptera, Larvaevoridae). (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXIII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 35: 215-230.
89. Mellini E., 1981 – *Guido Grandi nel decennale della sua scomparsa.* - Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 29: 3-29.
90. Mellini E., Campadelli G., 1981 – *Potenziale genetico del parassitoide Gonia cinerascens Rond. misurato sull'ospite di sostituzione Galleria mellonella L. - Memorie della Società Entomologica Italiana, 60: 239-252.*
91. Mellini E., 1982 – *Guido Grandi nel decennale della sua scomparsa.* - Memorie della Società Entomologica Italiana, 61b: 98-117.
92. Mellini E., Principi M. M., 1982 – *Memento.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 36: I-II.
93. Mellini E., 1982 – *Guido Grandi nel decennale della sua scomparsa.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 36: 1-26.
94. Mellini E., Gironi R., 1982 – *Effetti della superparassitizzazione nella coppia ospite-parassita Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi*

- sui Ditteri Larvevoridi. XXXIV contributo). - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 36: 49-68.
95. Mellini E., Dindo M. L., 1982 – *Effetti del fotoperiodo sugli stadi preimmaginali della coppia ospite-parassita Galleria mellonella L.* - *Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXV contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 36: 115-131.
 96. Mellini E., Cesari R., 1982 – *Effetti dello iuvenoido ZR 512 4E (Idroprene) sulla coppia ospite-parassita Galleria mellonella L.* - *Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXVI contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 36: 141-158.
 97. Mellini E., 1982 – Presentazione. In: Bonelli B. - *Un naturalista in Africa.* - Edizioni EMI, Bologna, 126 pp., 32 tavv.
 98. Mellini E., Braga C., 1982 – *Importanza del livello di dispersione delle uova microtipiche per la moltiplicazione del parassita Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXVIII).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 37: 75-90.
 99. Mellini E., Boninsegni G., 1983 – *Ripercussioni sul parassita Gonia cinerascens Rond. di trattamenti con idroprene effettuati su ospiti nelle fasi finali dello sviluppo preimmaginale. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XXXIX Contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Università degli Studi di Bologna, 37: 171-191.
 100. Mellini E., 1983 – *Le diete artificiali per insetti entomofagi.* - *Informatore Fitopatologico*, 33 (6): 3-4.
 101. Mellini E., Bratti A., 1983 – *Effetti delle deiezioni e della manipolazione sullo sviluppo di Galleria mellonella L. e ripercussioni sul parassita Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XL contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 38: 51-69.
 102. Mellini E., Beccari G., 1983 – *Relazioni tra dimensioni degli ospiti e percentuali di parassitizzazione nella coppia ospite-parassita Galleria mellonella L. - Gonia cinerascens Rond. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLI Contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 38: 71-88.
 103. Mellini E., 1983 – *L'ipotesi della dominazione ormonale, esercitata dagli ospiti sui parassitoidi, alla luce delle recenti scoperte nella endocrinologia degli insetti. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 38: 135-166.
 104. Mellini E., 1984 – *Ricordando Giorgio Fiori.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 39: 113-126.
 105. Mellini E., 1985 – *Cesare Nielsen.* - *Notiziario dell'Unione dei Naturalisti Bolognesi*, 13 (1): 9.
 106. Mellini E., 1985 – *Ricordo di Cesare Nielsen.* - *Natura e Montagna*, 32 (1): 61-63.
 107. Mellini E., Borgatti M., Bratti A., 1985 – *Sulla idoneità di Galleria mellonella L. nei confronti del parassitoide Pseudogonia rufifrons Wied., penetrato durante le ultime fasi della vita larvale dell'ospite. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLIII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 39: 161-186.
 108. Mellini E., 1985 – *Importanza dello stadio postembrionale degli ospiti olometabolici, al momento dell'attacco, per la biologia degli Imenotteri parassiti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 13-49.
 109. Mellini E., 1985 – *Importanza degli stadi postembrionali degli ospiti eterometabolici, al momento dell'attacco, per la biologia degli Imenotteri parassiti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 67-83.
 110. Mellini E., 1985 – *Importanza dello stadio dell'ospite, al momento della parassitizzazione, per la biologia dei Ditteri Larvevoridi.* - *Frustula Entomologica*, 7-8: 395-419.
 111. Mellini E., Verenini M., 1986 – *Note di biologia sugli insetti delle aree semiaride dell'Altopiano Boliviano durante la primavera.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 121-149.
 112. Mellini E., Campadelli G., 1986 – *Sulla distribuzione delle larve di prima e seconda età di Pseudogonia rufifrons Wied., rispettivamente nelle larve e nelle eopupe di Galleria mellonella L. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLI contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 151-166.
 113. Mellini E., Verenini M., 1986 – *Note di biologia sugli insetti delle aree semiaride dell'Altopiano Boliviano durante la stagione estiva.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 185-214.
 114. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1986 – *Ritmo di accrescimento delle larve di I età del parassita in relazione allo stadio dell'ospite al momento della contaminazione nel sistema Galleria mellonella L. - Pseudogonia rufifrons Wied. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLVI contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 40: 221-237.
 115. Mellini E., 1986 – *Importanza dell'età dell'uovo, al momento della parassitizzazione, per la biologia degli Imenotteri oofagi.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 41: 1-21.

116. Mellini E., 1987 – *Nota su Chaetogena filipalpis Rond. parassita di Apterona crenulella Bruand (Lep. Psychidae). (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLVII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 42: 219-229.
117. Fanti P., Bratti A., Mellini E., 1988 – *Precocious activation of the larval-pupal parasitoid Pseudogonia rufifrons Wied. during the larval stage of its substitute host Galleria mellonella L. European Workshop on Parasitoid Insect, Lyon, (France), 8-10 September 1987.* - Les Colloques de l'INRA, 48: 85-86.
118. Mellini E., Campadelli G., 1988 – *Prove di incubazione extrauterina e di schiusa delle uova microtipiche di Pseudogonia rufifrons Wied. (studi sui Ditteri Larvevoridi. XLVIII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 43: 105-113.
119. Mellini E., 1990 – *Le api tappezziere gradite ospiti dei nostri giardini.* - Natura e Montagna, 37 (1-2): 17-22.
120. Gardenghi G., Mellini E., 1990 – *Note anatomo-istologiche sul canale alimentare delle larve di ultima età del parassitoide Pseudogonia rufifrons Wied. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. XLIX contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 44: 233-248.
121. Mellini E., 1990 – *Omaggio a Pier Luigi Castellari entomologo.* - Frustula Entomologica, 11: 1-12.
122. Mellini E., 1990 – *Sinossi di biologia dei Ditteri Larvevoridi. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. L contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 45: 1-38.
123. Mellini E., 1990 – *Synopsis of the Biology of Diptera Tachinidae.* - Translation Bureau of the Department of the Secretary of State of Canada, 38 pp.
124. Mellini E., 1990 – *Punture da parte di insetti inospettabili.* - Natura e Montagna, 37 (3-4): 13-18.
125. Mellini E., Coulibaly A. K., 1991 – *Un decennio di sperimentazione sul sistema ospite - parassita Galleria mellonella L. - Pseudogonia rufifrons Wied.: sintesi dei risultati.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 45: 191-249.
126. Mellini E., 1991 – *Tentativi verso l'entomofagia tra le larve dei Lepidotteri.* - Natura e Montagna, 38 (3-4): 35-43.
127. Mellini E., 1991 – *Il parassitoidismo nell'ordine dei Coleotteri.* - Natura alpina, 42 (4): 19-30.
128. Gardenghi G., Campadelli G., Mellini E., 1991 – *Osservazioni anatomo-istologiche sull'intestino posteriore delle larve di ultima età di alcuni Ditteri Tachinidi.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 46: 87-92.
129. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1991 – *Possibile impiego di plasma bovino nell'allevamento di diete artificiali per le larve del parassitoide Pseudogonia rufifrons Wied.* - Convegno Lotta Biologica del Ministero Agricoltura e Foreste, Acireale: 145-150.
130. Mellini E., 1992 – *Ditteri entomofagi occasionali determinatori di miasi nell'uomo.* - Natura e Montagna, 39 (3-4): 41-48.
131. Mellini E., Borgatti M., 1992 – *Sulla diapausa dei parassitoidi: ricerche sperimentali nel sistema Galleria mellonella L. - Pseudogonia rufifrons Wied. (Studi sui Ditteri Larvevoridi. LIV contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 46: 131-152.
132. Gardenghi G., Mellini E., 1992 – *Note di anatomia e di istologia dell'apparato genitale femminile di Archytas marmoratus (Town.) (Diptera Tachinidae).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 47: 55-67.
133. Mellini E., 1993 – *Saggio breve sulla entomofagia degli Insetti.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 47: 179-221.
134. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1993 – *Artificial culture of the parasitoid Exorista larvarum L. (Dipt. Tachinidae) on bovine serum-based diets. (Studies on Diptera Tachinidae. Fifty-sixth contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 47: 223-231.
135. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1993 – *Artificial culture of the parasitoid Exorista larvarum L. (Dipt. Tachinidae) on oligidic media: improvements of techniques. (Studies on Diptera Tachinidae. Fifty-seventh contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 48: 1-10.
136. Mellini E., Gardenghi G., Coulibaly A. K., 1993 – *Caratteristiche anatomiche ed istologiche dell'apparato genitale femminile di Exorista larvarum L., parassitoide deponente uova macrotipiche sull'ospite. (Studi sui Ditteri Tachinidi. LIX contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 48: 45-58.
137. Mellini E., 1994 – *Diete artificiali per l'allevamento di insetti entomofagi parassiti.* - Alma Mater Studiorum, 7 (1): 187-216.
138. Mellini E., Gardenghi G., Coulibaly A. K., 1994 – *Sull'apparato riproduttore femminile di Palearista laxa (Curr.) (Dipt. Tachinidae). (Studio sui Ditteri Tachinidi. LX contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 48: 155-170.
139. Mellini E., Campadelli G., 1994 – *Positivi risultati nell'allevamento su diete artificiali del parassitoide*

- Exorista larvarum L. (Diptera Tachinidae). - Informatore Fitopatologico, 44 (2): 44-49.
140. Mellini E., Gardenghi G., 1994 – *Osservazioni anatomo-istologiche sull'apparato genitale femminile di Eucelatoria bryani Sabr.* - Memorie della Società Entomologica Italiana, 72: 521-532.
 141. Mellini E., Bratti A., Campadelli G., 1994 – *Allevamento in vitro di Exorista larvarum (L.).* - Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Udine: 593-596.
 142. Mellini E., 1994 – *Elementi per un confronto tra il parassitoidismo degli Imenotteri e quello dei Ditteri.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 49: 41-100.
 143. Mellini E., 1994 – *Tecniche di allevamento di Ditteri Tachinidi* – In: Innovazioni e prospettive nella difesa fitosanitaria. Convegno del Ministero Agricoltura e Foreste, Ferrara: 421-425.
 144. Mellini E., Campadelli G., 1994 – *Qualitative improvements in the composition of oligidic diets for the parasitoid Exorista larvarum (L.). (Studies on Diptera Tachinidae. LXIV contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 49: 187-196.
 145. Gardenghi G., Mellini E., 1995 – *Note sul canale alimentare delle larve del parassitoide Exorista larvarum (L.) (Dipt. Tachinidae). (Studi sui Ditteri Tachinidi. LXVI contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 49: 197-209.
 146. Mellini E., Campadelli G., 1995 – *Further simplifications in the composition of oligidic diets for the parasitoid Exorista larvarum (L.). (Studies on Diptera Tachinidae. LXVII contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 49: 211-223.
 147. Mellini E., 1995 – *Vagabondaggi entomologici in pieno inverno sulle coste tunisine.* - Natura e Montagna, 43 (2): 24-33.
 148. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1996 – *Possibilities of mass production of the parasitoid Exorista larvarum (L.) (Diptera Tachinidae) on oligidic diets.* - Proceedings of the XX International Congress of Entomology, Firenze, August 25-31, 1996: 615.
 149. Mellini E., 1996 – *Et meminisse liceat. III.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 50: 1-4.
 150. Mellini E., Campadelli G., 1996 – *Formulas for "inexpensive" artificial diets for the parasitoid Exorista larvarum (L.). (Studies on Diptera Tachinidae. LXVIII contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 50: 95-106.
 151. Mellini E., Campadelli G., 1996 – *Latest results in the rearing of the parasitoid Exorista larvarum (L.) on oligidic diets. (Studies on Diptera Tachinidae. LXIX contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 50: 143-153.
 152. Mellini E., Campadelli G., 1996 – *A first overall comparison between the in vitro and in vivo production of the parasitoid Exorista larvarum (L.). (Studies on Diptera Tachinidae. LXX contribution).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 50: 183-199.
 153. Mellini E., Campadelli G., Dindo M. L., 1996 – *Actual possibilities of mass production of the parasitoid Exorista larvarum (L.) (Diptera: Tachinidae) on oligidic diets. (Paper presented at the XX International Congress of Entomology, Florence, Italy, August 25-31, 1996).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 50: 233-241.
 154. Mellini E., 1996 – *Parassitoidi e parassitoidismo.* - Informatore Fitopatologico, 9: 11-12.
 155. Mellini E., Campadelli G., 1997 – *Analisi del superparassitoidismo di Exorista larvarum (L.) nell'ospite di sostituzione Galleria mellonella L. (Studi sui Ditteri Tachinidi. LXXII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 51: 1-11.
 156. Mellini E., Campadelli G., Gardenghi G., 1997 – *Sulle tecniche di inoculazione del pabulum per l'allevamento "in vitro" del parassitoide Exorista larvarum (L.). (Studi sui Ditteri Tachinidi. LXXXIII contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 51: 37-51.
 157. Mellini E., 1997 – *Dalla predazione al parassitoidismo nell'ordine dei Ditteri.* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 51: 91-159.
 158. Mellini E., Campadelli G., 1998 – *Analisi comparata della mortalità preimmaginale negli allevamenti in vitro e in vivo del parassitoide Exorista larvarum (L.). (Studi sui Ditteri Tachinidi. LXXXIV contributo).* - Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna, 52: 1-13.
 159. Mellini E., Campadelli G., 1999 – *Allevamento di parassitoidi su diete artificiali: l'apporto dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" di Bologna sui Ditteri Tachinidi.* - Informatore Fitopatologico, 1-2: 26-34.
 160. Mellini E., 1999 – *Recensione di: Pollini A., 1998. Manuale di Entomologia.* - Edagricole, Bologna, pp. IX + 1462, figg. 2492 – In: Informatore Fitopatologico, 5: 4.

COMMEMORAZIONE

GIUSEPPE BARTOLOMEO OSELLA (1936-2022)

CESARE BELLÓ^a – MAURIZIO BIONDI^b

a World Biodiversity Association, Lungadige Porta Vittoria, 9 (c/o Museo Civico di Storia Naturale), 37129 Verona, Italia

b Dipartimento di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università dell'Aquila, 67100 L'Aquila, Italia

Commemorazione tenuta nella Seduta Pubblica dell'Accademia, Firenze, 16 novembre 2024



Fig. 1 - Giuseppe Bartolomeo Osella - *Avevi anche un secondo nome Bartolomeo, ma noi ti chiamavamo "Beppe"*.

Giuseppe Bartolomeo Osella, per tutti noi Beppe, è nato a Leini presso Torino il 28 luglio 1936. Secondo e unico maschio di tre figli, il padre era agricoltore e piccolo proprietario agricolo. Leini allora era un borgo che, in seguito all'insediamento dell'industria Singer, si trasformò da piccolo centro agricolo in una cittadina industriale. Beppe crebbe in mezzo ai campi, e la sua struttura fisica robusta era anche testimonianza delle molte fatiche giovanili.

Nonostante il suo forte interesse per la storia dell'antica Roma, interesse maturato in particolare durante la frequentazione del Liceo Classico a Torino, la sua grande passione per la natura lo portò a seguire il corso di studi in Scienze Agrarie, dandogli la possibilità di avviare il percorso verso il suo obiettivo primario: l'entomologia.

Infatti, conseguì la Laurea in Scienze Agrarie il 21 luglio 1961 presso l'Università degli Studi di Torino con la votazione di 110/110 con lode, presentando proprio una tesi su una tematica entomologica riguardante i Ditteri.

Dopo la laurea, ha ricoperto il ruolo come Borsista del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste nel Laboratorio sperimentale di Fitopatologia di Torino, nel pe-

riodo dall'1 dicembre 1963 al 17 agosto 1965. Successivamente, diventa Sperimentatore, sempre nell'ambito del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, svolgendo la sua attività nella Stazione Bacologica Sperimentale di Padova-Brusegana, nel periodo dal 19 agosto 1965 al 17 aprile 1966.

Nel frattempo, nel 1964, convola a nozze con Margherita Pogliano, anche lei di Leini, che aveva conosciuto durante le sue numerose trasferte in pullman.

Il periodo veronese

La tappa fondamentale per la sua carriera professionale fu il 18 aprile 1966, con il suo approdo, nel ruolo di Conservatore della Sezione di Zoologia, al Museo Civico di Storia Naturale di Verona, nel quale era stato introdotto dall'entomologo veronese Luigi Magnano, esperto di Coleotteri Curculionidi, che lo presentò a Sandro Ruffo. In questo ruolo, Beppe rimase, come vedremo, sino all'inizio del 1987.

Quelli veronesi furono anni mitici, proficui e per molti versi entusiasmanti. La figura carismatica di Sandro Ruffo attraeva stuoli di giovani ricercatori da tutta Italia (a questo riguardo ricordiamo tra gli altri il maestro e l'amico di molti di noi Augusto Vigna Taglianti) e, nell'ambito della città di Verona, si andava costituendo spontaneamente un gruppo informale di giovani entomologi che il Museo, e Beppe soprattutto, indirizzava verso lo studio della sistematica e biogeografia degli insetti. Il principio base di questa attività di proselitismo era avviare i giovani verso una specializzazione progressiva di uno specifico gruppo tassonomico con la costituzione di collezioni entomologiche attraverso la ricerca sul campo, privilegiando soprattutto i taxa sino ad allora poco indagati. Ecco allora formarsi studiosi, non solo veronesi, di microlepidotteri, di coleotteri stafilinidi, di formiche, di ditteri sirfidi e stratiomiidi, di fauna cavernicola, e di molti altri ancora. Dietro a tutto ciò, c'era sempre l'entusiasmo, la preparazione e la disponibilità di Beppe, presente in Museo tutti giorni della settimana, domeniche comprese. Il sabato pomeriggio, in particolare, era il momento fondamentale per riunire queste persone in partecipati incontri su tematiche entomologiche. Beppe, in questo periodo veronese, si è anche fortemente impegnato a seguire molte tesi di laurea, e numerosi sono stati i giovani laureandi da lui guidati in questi loro primi approcci nell'attività scientifica. Beppe era, ed amava defi-



Fig. 2 - Gli inizi - Museo di Verona

nirsi, fondamentalmente un “entomologo di campagna”.

La sua azione di raccogliitore sul campo era formidabile. Lo ricordiamo tutti intento a rovesciare pietre, “battere” col retino entomologico sulla vegetazione o vagliare detrito vegetale. In questo ambito, praticamente, non aveva rivali! La descrizione, da solo od in collaborazione, di centinaia di taxa sono concreta testimonianza di questa attività. Ma è soprattutto nei taxa a lui dedicati, oltre un centinaio di ben 42 famiglie diverse, che troviamo l’oggettivo riscontro, non solo del suo instancabile lavoro di ricercatore, ma anche della sua straordinaria capacità di coinvolgere e motivare gli studiosi! Svolse questa attività intensissima

di raccolta in varie aree del mondo. Iniziò nella sua Leini, ma da quando si stabilì a Verona partecipò, anche ma non solo come conservatore zoologo del Museo, a numerosissime campagne di ricerca. In primo luogo in Appennino, nell’ambito di un progetto che prevedeva campionamenti lungo la penisola italiana (piccole isole comprese) e in Sicilia, poi in numerose aree mediterranee: Spagna (1967, 1979), Turchia (1969, 1972, 1973, 1975), Libano e Siria (1971), Grecia (1980, 1983 e molte altre date fino agli anni più recenti), Tunisia e Algeria (1983), Isole Canarie (1992). Fuori dall’ambito mediterraneo vanno ricordate le sue spedizioni in alcune regioni dell’Asia, nel Kashmir



Fig. 3 - Museo di Verona - Scuola Osella - A (1995) L’Aquila: Enzo Colonnelli, Helio Pierotti. - B (1996) Praga: Cesare Bellò, Roman Borovec, Massimo Meregalli. - C (2001) Rimini: Curci Meeting. - D (2016) Verona: Cesare Bellò, Mauro Daccordi. - E (2024) Entomodena: Scuola Osella.

(1976), nell'arcipelago delle Andamane (1978) e nell'Asia sud-orientale (1981, 1982). Più recentemente, rivolse il suo interesse verso il Sudamerica, in particolare l'Ecuador, che visitò quattro volte dal 2000 al 2008, e per il Sudafrica visitato nel 2010 e nel 2011.

Il periodo aquilano

Il 23 gennaio 1987, Beppe riceve la nomina giuridica di Professore Straordinario nel settore scientifico-disciplinare (SSD) BIO/05 (Zoologia) e, successivamente, in data 2 febbraio 1987 prende servizio presso l'Università degli Studi dell'Aquila, afferendo al Dipartimento di Scienze Ambientali, come Professore di Entomologia. Ottiene la conferma a Professore Ordinario, sempre nel SSD BIO/05, il 2 febbraio 1990.

All'Università dell'Aquila, Beppe ricopre varie posizioni, accademiche e gestionali, quali:

Direttore del Dipartimento di Scienze Ambientali ne-

ha continuato in modo energico a introdurre e motivare i suoi studenti verso lo studio dell'entomologia e delle scienze naturali in generale. Ha curato decine di tesi di laurea e diverse tesi di dottorato, promuovendo e curando progetti di ricerca su molti gruppi di insetti in importanti aree strategiche dell'Appennino centrale. I risultati di queste indagini sono stati oggetto di numerose pubblicazioni, sia di Beppe che di altri specialisti italiani e stranieri.

Beppe va in quiescenza come Professore Ordinario nel 2008. Va inoltre ricordato, che nel periodo aquilano ha anche ricoperto il ruolo di membro del Consiglio Direttivo, sia nel Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, sia nel Parco Nazionale Gran Sasso – Monti della Laga.

Il 12 giugno del 1995, purtroppo, un evento drammatico viene a funestare pesantemente la vita di Beppe e di Margherita. L'amato ed unico figlio Marco, a seguito di un tragico incidente sul ciclomotore, viene a mancare all'affetto dei suoi cari. Beppe e Margherita subiscono



Fig. 4 - Italia 1979 - 2017 - A (1979) Dolomiti: Passo Manghen - B (1983) Puglia: Gargano - C (1993) Toscana: Uccellina - D (2005) Basilicata: Maratea - E (2013) Lago di Garda - F (2017) Sardegna: Supramonte, Urzulei.

gli anni 1995-1998 e 2001-2005.

Prorettore Vicario dal 1995-1998.

Componente del Senato Accademico negli anni 1995-1998 e 2001-2004.

Membro della Commissione di Ateneo per gli Affari Generali negli anni 2001-2004.

Diversi sono gli insegnamenti da lui erogati all'Università dell'Aquila nei vari anni di attività, nei corsi di laurea in Scienze Biologiche, Scienze Ambientali e Scienze della Formazione Primaria, quali: Entomologia, Zoologia II, Zoogeografia, Etologia, Biologia Animale, Zoologia e Parassitologia. Negli anni 1992-1993, ha tenuto inoltre il corso di Zoologia Generale e Veterinaria per la laurea in Veterinaria presso l'Università di Chieti, e dal 1993 al 1995 lo stesso corso presso l'Università di Teramo.

Anche nel ruolo di professore universitario, Beppe

anche il devastante terremoto dell'Aquila del 9 aprile 2009 e, a seguito del sisma, vanno a vivere in un albergo a Nereto, in provincia di Teramo, per 11 lunghi mesi e successivamente, nel 2010, decidono di tornare definitivamente a Verona.

Principali attività scientifiche

In ambito scientifico, Beppe è stato autore di centinaia di contributi a stampa su vari aspetti dell'entomologia, anche se la sua produzione più vasta ed importante riguarda la tassonomia, biogeografia ed ecologia dei Coleotteri Curculionoidi. In questo ambito, nelle sue numerose pubblicazioni (oltre 240, di seguito elencate) ha descritto 31 generi, 1 sottogenere, 376 specie e 24 sottospecie. Inoltre, è stato omaggiato con numerosi taxa patronimici; 113 specie, 3 generi e 1 tribù, sono stati a lui dedicati nei più svariati gruppi tassonomici. Oltre alla tassonomia entomo-



Fig. 5 - Giuseppe Osella e i suoi studenti.

logica, Beppe si è interessato allo studio del popolamento animale di vari ambienti, come le oasi xerotermiche prealpina, la fauna dei nidi di Talpa, le zone umide del Veronese, la fauna e la vegetazione della Valle Peligna, le ricerche nel Pantano della Zittola, e molto altro ancora.

Tra le nomine di rilievo, ricordiamo che Beppe è stato Accademico ordinario dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia dal 1997 al 2012 e Accademico Emerito dal 2012 al 2022. Inoltre, Membro Effettivo dell'Accademia di Agricoltura, Lettere e Scienze di Verona nella Classe di Agricoltura e Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali.

Nella Società Entomologica Italiana, Beppe si è iscritto nel 1960 e, dal 1980 al 2003, ha ricoperto il ruolo di Consigliere nel Direttivo SEI. Nel 1988, è stato orga-

nizzatore del XV Congresso Nazionale Italiano di Entomologia tenutosi a L'Aquila dal 13 al 17 giugno.

Infine, nel 2004 viene nominato componente del Comitato Scientifico internazionale della WORLD BIODIVERSITY ASSOCIATION ONLUS. La società viene costituita presso il Museo Civico di Storia Naturale di Verona da naturalisti, botanici, zoologi ed appassionati della natura di tutto il mondo. Tale nomina lo vedrà impegnato nella conoscenza e conservazione degli hotspot mondiali di biodiversità, fino al termine della sua vita.

Non possiamo concludere questo breve contributo dedicato al caro Beppe, se non ricordando come, grazie alla grande generosità della moglie Margherita, sua unica erede, il Museo di Storia Naturale di Verona si sia ar-



Fig. 6 - Africa - Europa 1979 - 2019 - A (1979) Spagna: Almeria, Deserto - B (1980) Grecia: Tracia - C (1991) Algeria, Tunisia: Arresto - D (1991) Tunisia: Capo Negro - E (1992) Grecia: Lefkada - F (1998) Tunisia - G (2010) Sud Africa.

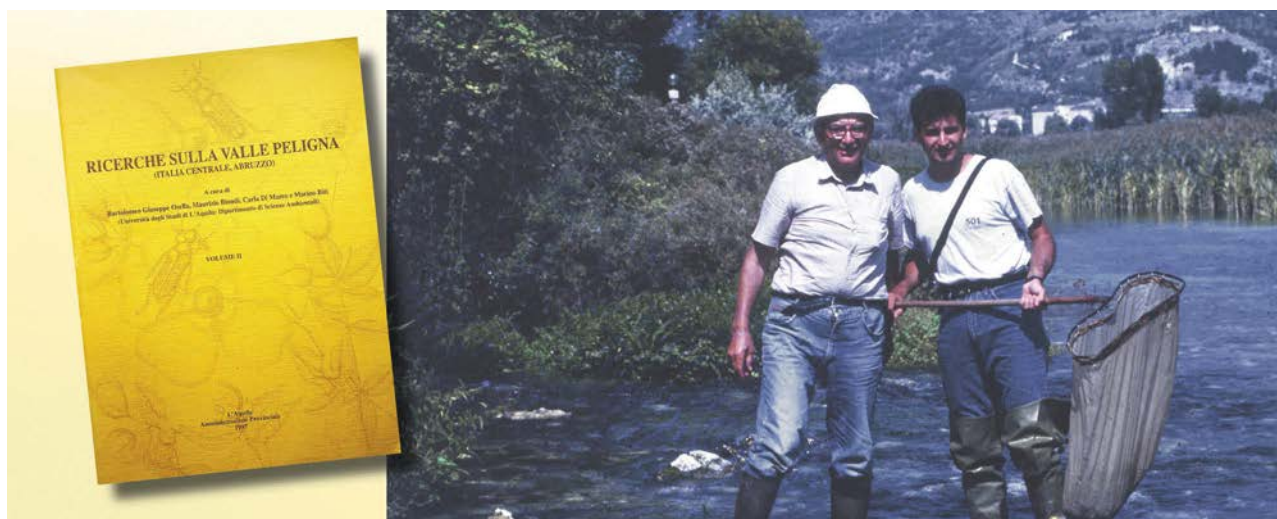


Fig. 7 - Ricerche sulla Valle Peligna.

ricchito della sua immensa collezione, consistente di 967 scatole entomologiche contenenti circa 370.000 esemplari di insetti, in larga misura Coleotteri Curculionidi, e di 395 preziosi volumi numerati di “separata” di bibliografia, corredati da 16 contenitori in legno con le relative schede organizzate in puntuali indici. Si tratta di una donazione dallo straordinario valore scientifico, sia per la quantità dei beni contenuti che per la qualità, dimostrata dall'imponente numero di esemplari tipici inclusi (circa 260), che rende questa collezione uno strumento di consultazione indispensabile ad ogni studioso di entomologia, in particolare, di Coleotteri Curculionoidi.

ELENCO DEI TAXA (431) ANIMALI DESCRITTI

DA GIUSEPPE BARTOLOMEO OSELLA

Fonte: <https://www.catalogueoflife.org>

E <https://weevil.myspecies.info/content/palaeartic-catalogue>

Generi (31)

1. *Baldorhynchus* Di Marco & G. Osella, 2002
2. *Beaveriola* Osella, G., 1986 = *Beaveria* Osella, G., 1983
3. *Besuchetiella* Osella, G., 1974
4. *Bordoniola* Osella, G., 1987
5. *Coiffaitiella* G. Osella, 1977
6. *Cotasteroloebli* Osella, G., 1983
7. *Decuanellus* Osella, G., 1977
8. *Genavius* G. Osella, 1983
9. *Giavarhynchus* Bellò, G. Osella & Ruzzier, 2021
10. *Gilbertiola* Osella, 1982
11. *Guineobius* G. Osella, 1983
12. *Hauseriola* G. Osella, 1980
13. *Hemigleodema* G. Osella, & Bartolozzi, L., 1990
14. *Howdeniola* Osella, G., 1980
15. *Loborhynchapion* G. Osella, 1973 (Synonymy)
16. *Mahnertia* G. Osella, 1978
17. *Neoproconus* G. Osella & Bartolozzi, L., 1990
18. *Nepalorhynchus* Osella, G., 1983
19. *Paraminyops* G. Osella & Bellò, 2010

20. *Pararaymondionymus* G. Osella, 1977 (Synonymy)
21. *Parhaptomerus* G. Osella & Lodos, 1979
22. *Pseudaparopion* Borovec, G. Osella & Zuppa, 2002
23. *Pseudoalaocybites* G. Osella, 1980
24. *Pseudoanthonidium* G. Osella, 1979
25. *Pseudocaecocossus* G. Osella, 1977
26. *Ruffodytes* G. Osella, 1973 (Synonymy)
27. *Schauenbergia* G. Osella, 1977
28. *Sengletius* G. Osella, 1977
29. *Stewpeckia* G. Osella, 1980
30. *Trichopentarthrum* G. Osella, 1976
31. *Uluguruella* G. Osella, 1976

SOTTOGENERI (1)

32. *Styphlomimus* G. Osella & Zuppa, 1994

Specie (376)

33. *Absoloniella hellenica* (G. Osella, 1973)
34. *Absoloniella italica* (G. Osella, 1976)
35. *Absoloniella nitidipennis* (G. Osella, 1989)
36. *Absoloniella pacei* (G. Osella, 1976)
37. *Absoloniella servadei* (G. Osella, 1982)
38. *Acallorneuma gasparoi* G. Osella & Zuppa, 2002 (Synonymy)
39. *Acallorneuma ingoi* G. Osella & Zuppa, 2002
40. *Acallorneuma montisalbi* G. Osella & Zuppa, 2002
41. *Acallorneuma poggi* G. Osella & Zuppa, 2002 (Synonymy)
42. *Acallorneuma sabellai* G. Osella & Zuppa, 2002 (Synonymy)
43. *Acallorneuma sardiniense* G. Osella & Zuppa, 2002
44. *Aclees pseudocribratus* G. Osella, 1989
45. *Alaocyba marcuzzii* G. Osella, 1977
46. *Amaurorhinus* (*Amaurorhinus*) *caoduroi* G. Osella & Pogliano Osella, 1986



Fig. 8 - Sud America - Ecuador 2024, 2026, 2028.

47. *Amaurorhinus (Amaurorhinus) cesaraccioi* G. Osella & Pogliano Osella, 1986
48. *Amaurorhinus folwacznyi* G. Osella & Giusto, 1985 (Synonymy)
49. *Amaurorhinus (Amaurorhinus) hauseri* G. Osella, 1983
50. *Amaurorhinus punctipennis* G. Osella & Giusto, 1985 (Synonymy)
51. *Amaurorhinus viti* G. Osella & Giusto, 1985
52. *Aparopion numidicum* Zuppa & G. Osella, 1999
53. *Baldorhynchus agostianus* Bellò & G. Osella, 2016
54. *Baldorhynchus amicalis* (G. Osella, 1983)
55. *Baldorhynchus anachoreta* Bellò & G. Osella, 2016
56. *Baldorhynchus blesioi* (G. Osella, 1968)
57. *Baldorhynchus bodeianus* Bellò & G. Osella, 2016
58. *Baldorhynchus branchianus* Bellò & G. Osella, 2016
59. *Baldorhynchus brixienensis* (G. Osella, 1983)
60. *Baldorhynchus caoduroi* (Osella, 1983)
61. *Baldorhynchus carinatus* (G. Osella, 1983)
62. *Baldorhynchus cohabitor* Bellò & G. Osella, 2016
63. *Baldorhynchus comottii* (G. Osella, 1983)
64. *Baldorhynchus danzii* Bellò & G. Osella, 2016
65. *Baldorhynchus deceptor* Bellò & G. Osella, 2016
66. *Baldorhynchus grottoloii* Bellò & G. Osella, 2016
67. *Baldorhynchus judicariensis* (G. Osella, 1983)
68. *Baldorhynchus kahleni* (G. Osella, 1983)
69. *Baldorhynchus lessinicus* (G. Osella, 1983)
70. *Baldorhynchus magasaensis* Bellò & G. Osella, 2016
71. *Baldorhynchus marianus* Bellò & G. Osella, 2016
72. *Baldorhynchus metallarius* Bellò & G. Osella, 2016
73. *Baldorhynchus monguzzii* Bellò & G. Osella, 2016
74. *Baldorhynchus nardii* Bellò & G. Osella, 2016
75. *Baldorhynchus paladinii* Bellò & G. Osella, 2016
76. *Baldorhynchus pedersolii* Bellò & G. Osella, 2016
77. *Baldorhynchus pivai* Bellò & G. Osella, 2016
78. *Baldorhynchus regalini* Bellò & G. Osella, 2016
79. *Baldorhynchus ruzzieri* Bellò & G. Osella, 2016
80. *Baldorhynchus saccoi* Bellò & G. Osella, 2016
81. *Baldorhynchus settei* Bellò & G. Osella, 2016
82. *Baldorhynchus tedeschi* Bellò & G. Osella, 2016
83. *Baldorhynchus toscanus* (G. Osella, 1983)
84. *Baldorhynchus vailatii* (G. Osella, 1983)
85. *Baldorhynchus valvestinus* (G. Osella, 1983)
86. *Beaveriola anisophyllae* G. Osella, 1983
87. *Besuchetiella mirabilis* G. Osella, 1974
88. *Borborhynchus richardi* G. Osella, 1979
89. *Bordoniola decui* G. Osella in Decu et al. (eds.), 1987
90. *Bordoniola ecuadorialis* Baviera, Bellò & G. Osella, 2012
91. *Bordoniola minima* Baviera, Bellò & G. Osella, 2012
92. *Bordoniola minutissima* G. Osella in Decu et al. (eds.), 1987
93. *Bordoniola otongana* Baviera, Bellò & G. Osella, 2012
94. *Bordoniola relictia* Baviera, Bellò & G. Osella, 2012
95. *Bordoniola simillima* Baviera, Bellò & G. Osella, 2012
96. *Brachiodontus pseudoalpinus* G. Osella, 1974 (Synonymy)
97. *Brachycerus aegyptiacus* G. Osella, Colonnelli & Zuppa in Colonnelli et al. (eds.), 1998
98. *Brachycerus schatzmayri* G. Osella & Riti, 1995
99. *Caenopentarthrum leleupi* G. Osella, 1976
100. *Caenopentarthrum vossi* G. Osella, 1976
101. *Cathormiocerus sardous* G. Osella & Gregori, 1989

102. *Caulomorphus amaseianus* G. Osella, 1970
103. *Caulomorphus besucheti* G. Osella, 1970
104. *Caulomorphus bithynicus* G. Osella, 1970
105. *Caulomorphus giocoe* G. Osella, 1970
106. *Caulomorphus hittita* G. Osella, Di Marco & Zuppa, 2003
107. *Caulomorphus inopinatus* G. Osella, 1970
108. *Caulomorphus setulosus* G. Osella, 1977
109. *Caulomorphus wittmeri* G. Osella, 1977
110. *Caulotrupis erberi* G. Osella & Zuppa, 1998
111. *Coiffaitiella carinirostris* (G. Osella, 1971)
112. *Coiffaitiella hispanica* (G. Osella, 1971)
113. *Coiffaitiella lusitanica* (G. Osella, 1971)
114. *Coiffaitiella pyrenaica* (G. Osella, 1971)
115. *Coiffaitiella remileti* (G. Osella, 1971)
116. *Coprodema bealei* G. Osella, 1981
117. *Cossonus amicalis* G. Osella, 1981
118. *Cossonus andamanus* G. Osella, 1981
119. *Cossonus paraincisus* G. Osella, 1981
120. *Cotasteroleblia indica* G. Osella, 1983
121. *Cotasteroleblia nepalensis* G. Osella, 1983
122. *Cotasteroleblia smetanai* G. Osella, 1983
123. *Decuanellus pecki* G. Osella, 1980
124. *Decuanellus vinai* G. Osella, 1977
125. *Dichotrachelus devillei* G. Osella, 1971
126. *Dichotrachelus kahleni* Meregalli & G. Osella, 2007
127. *Dichotrachelus lepontinus* G. Osella, 1971
128. *Dichotrachelus lusitanicus* G. Osella, 1971 (Synonymy)
129. *Dichotrachelus margaritae* G. Osella, 1968
130. *Dichotrachelus pericarti* G. Osella, 1971
131. *Dichotrachelus philippi* G. Osella, Bellò & Pogliano Osella, 1983
132. *Dichotrachelus pyrenaicus* G. Osella, 1971
133. *Dichotrachelus rossettoi* Meregalli & G. Osella, 1975
134. *Dichotrachelus ulbrichi* G. Osella, 1977
135. *Dodecastichus pentricus* Di Marco & G. Osella, 2001 (Synonymy)
136. *Dryotribus chierogoi* G. Osella, 1981
137. *Dryotribus cottarellii* G. Osella, 1983
138. *Dryotribus heissei* G. Osella, 1981
139. *Dryotribus maledivicius* G. Osella, 1981
140. *Dysommatus affinis* G. Osella, 1978
141. *Dysommatus bergeri* G. Osella, 1976
142. *Dysommatus curvipes* G. Osella, 1978
143. *Dysommatus fasciatus* G. Osella, 1978
144. *Dysommatus inusitatus* G. Osella, 1978
145. *Dysommatus irregularis* G. Osella, 1978
146. *Dysommatus maximus* G. Osella, 1978
147. *Dysommatus monstruosipes* G. Osella, 1978
148. *Dysommatus multicostatus* G. Osella, 1976
149. *Dysommatus pacei* G. Osella, 1978
150. *Dysommatus paramyops* G. Osella, 1976
151. *Dysommatus patrizii* G. Osella, 1978
152. *Dysommatus persimilis* G. Osella, 1976
153. *Dysommatus rufulus* G. Osella, 1978
154. *Dysommatus tyloderoides* G. Osella, 1978
155. *Dysommatus vignai* G. Osella, 1978
156. *Dysommatus viridans* G. Osella, 1978
157. *Echinomorphus balcanicus* G. Osella, 1977
158. *Echinomorphus besucheti* G. Osella, 1977
159. *Entomoderus (Byrsopidius) bithynicus* (G. G. Osella, 1973)
160. *Entomoderus (Byrsopidius) geticus* (G. G. Osella, 1973)
161. *Entomoderus (Byrsopidius) margaritae* (G. G. Osella, 1973)
162. *Entomoderus (Byrsopidius) meurguesae* (G. G. Osella, 1973)
163. *Entomoderus (Byrsopidius) olympicus* (G. G. Osella, 1973)
164. *Ferreria doriai* (G. Osella, Hlavac & Meregalli) in Löbl & Smetana (eds.), 2011
165. *Genavius aelleni* G. Osella, 1983
166. *Giavarhynchus amicorum* Bellò, G. Osella & Ruzzier, 2021
167. *Guineobius deharvengei* G. Osella, 1983
168. *Guineobius viduus* G. Osella, 1983
169. *Gymnetron claviger* Caldara in Caldara, Colonnelli & G. Osella, 2009
170. *Gymnetron filum* Caldara in Caldara, Colonnelli & G. Osella, 2009
171. *Gymnetron globiscapus* Caldara in Caldara, Colonnelli & G. Osella, 2009
172. *Gymnetron hybridum* Caldara in Caldara, Colonnelli & G. Osella, 2009
173. *Hauseriola minoica* G. Osella, 1980
174. *Heisonyx barclayi* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2009
175. *Heisonyx danielssoni* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2009
176. *Heisonyx fuscus* Borovec R., Colonnelli E., G. Osella, 2009
177. *Heisonyx giustocaroli* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2009
178. *Heisonyx hexarthrum* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2009
179. *Heisonyx jelineki* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2009
180. *Helianthemapion genuense* (G. Osella, 1973)
181. *Hemigleodema thompsoni* G. Osella & Bartolozzi, 1990
182. *Hemigleodema transiens* G. Osella & Bartolozzi, 1990
183. *Heterarthrus andamanus* G. Osella, 1981
184. *Hexarthrum chaoi* Zhang & G. Osella, 1995
185. *Hexarthrum wushanensis* Zhang & G. Osella, 1995
186. *Hexarthrum yunnanense* Zhang & G. Osella, 1995
187. *Howdeniola margheritae* Bellò & G. Osella, 2008
188. *Howdeniola nitidipennis* G. Osella, 1980
189. *Howdeniola onorei* Bellò & G. Osella, 2008
190. *Howdeniola sulcipennis* G. Osella, 1980
191. *Hylobitelus chenkupdorjii* G. Osella, 1989
192. *Hypurus hovanus* G. Osella, Colonnelli & Zuppa in Colonnelli et al. (eds.), 1998
193. *Ioniorhynchus gasparoi* (G. Osella & Zuppa, 2006)

194. *Ioniorhynchus loebli* (G. Osella, 1974)
195. *Ioniorhynchus vailatianus* (G. Osella, 2008)
196. *Leipommata oromiana* G. Osella, 1978
197. *Lymantes squamirostris* G. Osella, 1989
198. *Mahnertia aberdarensis* G. Osella, 1978
199. *Mahnertia perreti* G. Osella, 1978
200. *Mahnertia triarticulata* G. Osella, 1978
201. *Mesagroicus amicalis* Magnano, G. Osella & Abbazzi, 2008
202. *Metacinops siculus* G. Osella & Di Marco, 1996
203. *Micrelus polliger* G. Osella, Colonnelli & Zuppa in Colonnelli et al. (eds.), 1998
204. *Micrelus rhusii* G. Osella, Colonnelli & Zuppa in Colonnelli et al. (eds.), 1998
205. *Micrelus rinicae* G. Osella, Colonnelli & Zuppa in Colonnelli et al. (eds.), 1998
206. *Microcopes atropatenens* G. Osella, 1977
207. *Microcopes hyrcanius* G. Osella, 1977
208. *Microcopes romanicus* G. Osella, 1977
209. *Minyops acheus* G. Osella & Bellò, 2010
210. *Minyops apollineus* G. Osella & Bellò, 2010
211. *Minyops argolicus* G. Osella & Bellò, 2010
212. *Minyops behnei* G. Osella & Bellò, 2010
213. *Minyops confusus* G. Osella & Bellò, 2010
214. *Minyops consobrinus* G. Osella & Bellò, 2010
215. *Minyops corinthiacus* G. Osella & Bellò, 2010
216. *Minyops epaminondai* G. Osella & Bellò, 2010
217. *Minyops euritanicus* G. Osella & Bellò, 2010
218. *Minyops euritanicus* G. Osella & Bellò, 2010
219. *Minyops frater* G. Osella & Bellò, 2010
220. *Minyops germanus* G. Osella & Bellò, 2010
221. *Minyops insularis* G. Osella & Bellò, 2010
222. *Minyops iranicus* G. Osella & Bellò, 2010
223. *Minyops jovis* G. Osella & Bellò, 2010
224. *Minyops klapperichi* G. Osella & Bellò, 2010
225. *Minyops lodosi* G. Osella & Bellò, 2010
226. *Minyops margheritae* G. Osella & Bellò, 2010
227. *Minyops occidentalis* G. Osella & Bellò, 2010
228. *Minyops phrygius* G. Osella & Bellò, 2010
229. *Minyops pindicus* G. Osella & Bellò, 2010
230. *Minyops setulosus* G. Osella & Bellò, 2010
231. *Mylocherus lodosi* G. Osella, 1977
232. *Neoproconus indicus* G. Osella & Bartolozzi, 1990
233. *Neoproconus lewisi* G. Osella & Bartolozzi, 1990
234. *Neoproconus taprobanicus* G. Osella & Bartolozzi, 1990
235. *Nepalorhynchus lucidus* G. Osella, 1983
236. *Neumatora viti* G. Osella, 1977
237. *Ocladius grandii* G. Osella & Meregalli, 1987
238. *Oediprosopus beaveri* G. Osella, 1983
239. *Oreorrhynchaes baldensis* G. Osella, Bellò & Pogliano Osella, 1986
240. *Oreorrhynchaes pacei* G. Osella & Cornacchia, 1974
241. *Orthochaetes occidentalis* G. Osella & Zuppa, 1994 (Synonymy)
242. *Otiiorhynchus (Arammichnus) poggii* Di Marco, G. Osella & Zuppa, 2002
243. *Otiiorhynchus (Dorymerus) picens* G. Osella & Zuppa, 1994
244. *Otiiorhynchus (Dorymerus) vignai* G. Osella & Zuppa, 1994
245. *Otiiorhynchus (Eunihus) praetutiorum* Di Marco & G. Osella, 1998
246. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) angelinii* (G. Osella, 1986)
247. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) aquilanus* (G. Osella, 1977)
248. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) cirocchii* (G. Osella & Abbazzi, 1985)
249. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) giustii* (Osella, 1980)
250. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) latellai* G. Osella, Marotta & Silvani, 2006
251. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) magrinii* (G. Osella, 1979)
252. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) monteleonii* (G. Osella & Abbazzi, 1985)
253. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) pacei* (G. Osella, 1976)
254. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) pennisii* (G. Osella & Abbazzi, 1985)
255. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) samniticus* (G. Osella, 1977)
256. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) sbordonianus* G. Osella, 2008
257. *Otiiorhynchus (Italorrhynchus) taitii* (Abbazzi, Bartolozzi & G. Osella, 1992)
258. *Otiiorhynchus (Lolatismus) manellii* G. Osella & Zuppa, 1994
259. *Otiiorhynchus (Necotaleus) contarinii* G. Osella & Zuppa, 1994
260. *Otiiorhynchus (Nihus) cesaraccioi* G. Osella, Mammoli & Zuppa, 1991
261. *Otiiorhynchus (Nihus) ianuargenti* G. Osella, Mammoli & Zuppa, 1991
262. *Otiiorhynchus (Nihus) lostiai* G. Osella, Mammoli & Zuppa, 1991
263. *Otiiorhynchus (Trogloorhynchus) radjai* Di Marco & G. Osella, 2002
264. *Otiiorhynchus olivieri* Abbazzi & G. Osella, 1992 (Synonymy)
265. *Parameira (Stierlinia) taurica* Magnano & G. Osella, 1971
266. *Paraminyops basileus* G. Osella & Bellò, 2010
267. *Paraminyops drusus* G. Osella & Bellò, 2010
268. *Paraminyops epiroticus* G. Osella & Bellò, 2010
269. *Paraminyops pseudoescherichi* G. Osella & Bellò, 2010
270. *Pararhytirhinus margaritae* G. Osella, 1973
271. *Pararhytirhinus olympicus* G. Osella, 1973
272. *Pentarthrophasis punctatissimus* G. Osella, 1976
273. *Pentatemnus incognitus* G. Osella, 1978 (Synonymy)
274. *Phloeophagosoma sinense* G. Osella, 1973
275. *Phloeophagus brignolii* G. Osella, Zuppa & Lodos, 1993
276. *Phloeophagus iranicus* G. Osella, Zuppa & Lodos,

- 1993
277. *Phloeophagus orientalis* G. Osella, 1974
278. *Phloeophagus vossi* G. Osella, 1974
279. *Phrissotrichum (Schilskyapion) apennincola* G. Osella, Zuppa & Altea, 1993
280. *Pimelocerus holzschuhi* (G. Osella, 1989)
281. *Pimelocerus paljordorjii* (G. Osella, 1989)
282. *Porpacus brevicornis* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
283. *Porpacus brevithorax* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
284. *Porpacus chenopodiae* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
285. *Porpacus decemcornutus* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
286. *Porpacus gracilicornis* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
287. *Porpacus muelleriae* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
288. *Porpacus pseudohorridus* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
300. *Pseudoalaocybites jarmilae* G. Osella, 1980
301. *Pseudoalaocybites latithorax* G. Osella, 1980
302. *Pseudoalaocybites montanus* G. Osella, 1980
303. *Pseudoalaocybites pacei* G. Osella, 1980
304. *Pseudoalaocybites persimilis* G. Osella, 1980
305. *Pseudoalaocybites stewarti* G. Osella, 1980
306. *Pseudoalaocybites venezuelanus* G. Osella, 1980
307. *Pseudoanachnidium galilaeum* G. Osella, 1985
308. *Pseudoanachnidium pamphylicum* G. Osella, 1979
309. *Pseudoanachnidium phoeniceum* G. Osella, 1979
310. *Pseudoanachnidium tauricum* G. Osella, 1979
311. *Pseudocaecocossus zayasi* G. Osella, 1977
312. *Pseudomeira incognita* G. Osella & Gregori, 1989
313. *Pseudomeira sinuariae* G. Osella & Gregori, 1989
314. *Ptochus (Ptochus) anaticus* G. Osella, 1977
315. *Ptochus (Ptochus) armeniacus* G. Osella, 1977
316. *Raymondellus inopinatus* G. Osella, 1977
317. *Raymondellus lagrecai* G. Osella, 1977
318. *Raymondellus latialis* G. Osella, 1977
319. *Raymondellus pacei* G. Osella, 1977
320. *Raymondellus sbordonii* G. Osella, 1977



Fig. 9 - Coautore dei volumi nei territori del Parco Nazionale Arcipelago Toscano e del Monte Grappa, Riserva della Biosfera.

289. *Porpacus stalsi* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
290. *Porpacus youngai* Borovec, Colonnelli & G. Osella, 2014
291. *Proeces hesperidum* G. Osella, 1986
292. *Pselactus caoduroi* G. Osella, 1986
293. *Pseudaparopion kadleci* Borovec, G. Osella & Zuppa, 2002
294. *Pseudoalaocybites aelleni* G. Osella, 1989
295. *Pseudoalaocybites affinis* G. Osella, 1980
296. *Pseudoalaocybites annae* G. Osella, 1980
297. *Pseudoalaocybites armatus* G. Osella, 1980
298. *Pseudoalaocybites diversesculptus* G. Osella, 1980
299. *Pseudoalaocybites inermis* G. Osella, 1980
321. *Raymondellus vignai* G. Osella, 1977
322. *Raymondionymus andreinii* (G. Osella, 1977)
323. *Raymondionymus bartolii* (G. Osella, 1977)
324. *Raymondionymus curtii* Meregalli, G. Osella & Zuppa, 2006
325. *Raymondionymus eximius* Meregalli & G. Osella, 2006
326. *Raymondionymus gardinii* (G. Osella & Giusto, 1985)
327. *Raymondionymus magnificus* (G. Osella, 1977)
328. *Raymondionymus meggiolaroi* (G. Osella, 1977)
329. *Raymondionymus mingazzinii* (G. Osella & Abbazi, 1985)
330. *Raymondionymus mirabilis* (G. Osella, 1977)

331. *Raymondionymus orientalis* (G. Osella, 1977)
332. *Raymondionymus sanfilippoi* (G. Osella & Giusto, 1985)
333. *Raymondionymus taurinorum* G. Osella, 1977 (Synonymy)
334. *Raymondionymus zoiai* (G. Osella & Giusto, 1985)
335. *Rhyncolus (Rhyncolus) bhutanensis* G. Osella, 1989
336. *Rhyncolus (Rhyncolus) incertus* G. Osella, 1989
337. *Romualdius fremuthi* (Borovec & G. Osella, 1996)
338. *Schauenbergia anophthalma* G. Osella, 1977
339. *Sengletius anophthalmus* G. Osella, 1977
340. *Solariola angelinii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
341. *Solariola benellii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
342. *Solariola bucolorum* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
343. *Solariola cajetanibelloi* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
344. *Solariola calida* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
345. *Solariola comata* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
346. *Solariola diottii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
347. *Solariola fancelloi* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
348. *Solariola forbixi* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
349. *Solariola gratiensis* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
350. *Solariola hyblensis* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
351. *Solariola ientilei* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
352. *Solariola margaritae* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
353. *Solariola mariaeclarae* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
354. *Solariola mariaesilvanae* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
355. *Solariola mariaetheresiaae* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
356. *Solariola melonii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
357. *Solariola nemoralis* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
358. *Solariola normanna* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
359. *Solariola obsoleta* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
360. *Solariola pacei* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
361. *Solariola paulimagrinii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
362. *Solariola pentaphyllica* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
363. *Solariola petrioli* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
364. *Solariola poggii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
365. *Solariola raphaelis* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
366. *Solariola rosae* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
367. *Solariola ruffoi* Osella & Di Marco, 1996
368. *Solariola sabellai* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
369. *Solariola sbordonii* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
370. *Solariola selinusia* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
371. *Solariola tedeschi* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
372. *Solariola venusta* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
373. *Solariola zoiai* Bellò & Osella G. & Baviera, 2019
374. *Stenommatius ferragui* G. G. Osella, 1979
375. *Stenommatius parasulcifrons* G. Osella, 1981
376. *Stenommatius persimilis* G. Osella, 1979
377. *Stenommatius pseudoviettei* G. Osella, 1979
378. *Stenoscelodes tibetanus* Zhang & G. Osella, 1993
379. *Stewpeckia monophthalma* G. Osella, 1980
380. *Stuebenius amicalis* (Borovec & G. Osella, 1993)
381. *Styphlidius brevisetis* G. Osella, 1981
382. *Styphlidius globosus* G. Osella, 1981
383. *Styphlidius italicus* G. Osella, 1981
384. *Styphlus transjonicus* G. Osella & Zuppa, 1994
385. *Styphlus vidanoi* G. Osella & Zuppa, 1994
386. *Subtorneuma besucheti* (G. Osella, 1986)
387. *Subtorneuma loebli* (G. Osella, 1986)
388. *Torneuma (Paratorneuma) canariense* G. Osella & Pogliano Osella, 1986
389. *Torneuma (Paratorneuma)solarii* G. Osella & Pogliano Osella, 1986
390. *Torneuma (Paratorneuma)viti* G. Osella & Pogliano Osella, 1986
391. *Torneuma (Torneuma) desilvai* G. Osella & Zuppa, 1998
392. *Torneuma diversum* G. Osella, 1986 (Synonymy)
393. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) bello* Borovec & G. Osella, 1993
394. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) caldarai* Borovec & G. Osella, 2002
395. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) colonnellii* Borovec & G. Osella, 2002
396. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) ilvensis* Borovec & G. Osella, 2008
397. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) margheritae* Borovec & G. Osella, 1993
398. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) melitensis* Borovec & G. Osella, 1993
399. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) melonii* Borovec & G. Osella, 2003
400. *Trachyphloeus (Trachyphloeus) nuragicus* Borovec & G. Osella, 2003
401. *Trichopentarthrum uluguruicus* G. Osella, 1976
402. *Ubychia ellipsoidalis* G. Osella & Nonveiller, 1982
403. *Ubychia icari* G. Osella, 1980
404. *Ubychia ticinensis* G. Osella, 1977 (Synonymy)

405. *Uluguruella debekeri* G. Osella, 1976
406. *Uluguruella minima* G. Osella, 1976
407. *Xenomimetes schmutzenhoferi* G. Osella, 1989
408. *Xenotrupis gildae* G. Osella, 1981

SOTTOSPECIE (24)

409. *Alaocephala delarouzei catalonica* G. Osella, 1977
410. *Amaurorhinus (Amaurorhinus) sardous gardinii* G. Osella, 1981
411. *Derosasius damryi aritzensis* G. Osella, 1977
412. *Derosasius damryi sardous* G. Osella, 1977
413. *Dichotrachelus doderoi valderiensis* G. Osella, 1968
414. *Dichotrachelus doderoi vignai* G. Osella, 1968
415. *Dichotrachelus variegatus milettianus* G. Osella, 1971
416. *Dysommatus rufulus kahuzicus* G. Osella, 1978
417. *Ferreria marqueti veneta* (G. Osella, 1977)
418. *Hoplopteridius lutosus anatolicus* G. Osella & Lodos, 1979
419. *Hoplopteridius lutosus calaber* G. Osella & Lodos, 1979
420. *Minyops acheus chelmosensis* G. Osella & Bellò, 2010
421. *Otiorynchus (Italorhynchus) hummleri cheminii* (G. Osella, 1977)
422. *Otiorynchus (Necotaleus) sirentensis campanus* G. Osella & Zuppa, 1994
423. *Osellaus bonvouloirii baldensis* Bellò, Meregalli & G. Osella, 1981
424. *Paraminyops lacunosus muelleri* G. Osella & Bellò, 2010
425. *Paraminyops opulentus isauricus* G. Osella & Bellò, 2010
426. *Raymondiellus sardous insularis* G. Osella, 1977
427. *Raymondionymus stricticollis picens* (G. Osella, 1977)
428. *Subtorneuma syriacum galilaeum* (G. Osella, 1986)
429. *Trachystyphlus alpinus italocentralis* (G. Osella & Zuppa, 1994)
430. *Trachystyphlus alpinus julicum* (G. Osella & Zuppa, 1994)
431. *Trachystyphlus alpinus schatzmayri* (G. Osella & Zuppa, 1994)
432. *Ubychia mingrelia iranica* G. Osella, 1986

LISTA DEI TAXA (113) DEDICATI
A GIUSEPPE BAROLOMEO OSELLA
(IN ORDINE ALFABETICO) TAXON, AUTORE/I,
ANNO DI PUBBLICAZIONE E FAMIGLIA (42)

433. *Absoloniella osellai* Caldara & Colla, 2023 (Curculionidae)
434. *Acallorneuma sardiniense osellai* Magrini & Paladini, 2017 (Curculionidae)
435. *Acanthocreagris osellai* (Beier, 1973) (Neobisibii-

- dae)
436. *Agathidium (Agathidium) osellai* Angelini & De Marzo, 1983 (Leiodidae)
437. *Aleodorus osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
438. *Alopecosa osellai* Lugetti & Tongiorgi, 1969 (Lycosidae)
439. *Amicromias osellai* Borovec, Kakiopoulos & Germann, 2017 (Curculionidae)
440. *Andamania osellai* (Coiffait, 1981) (Staphylinidae)
441. *Anelasmoecephalus osellai* Martens & Chemini, 1988 (Trogulidae)
442. *Anemadus osellai* Giachino & Vailati, 1993 (Leiodidae)
443. *Anodonthobius osellai* Matic, 1983 (Lithobiidae)
444. *Archipolydesmus osellai* Ceuca, 1968 (Polydesmidae)
445. *Argoptochus (Foucartidius) osellai* Pesarini, 1981 (Curculionidae)
446. *Astrobunus osellai* Chemini, 1986 (Sclerosomatidae)
447. *Atheta (Pseudobessobia) osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
448. *Autaretia osellai* Strasser, 1978 (Craspedosomatidae)
449. *Bagoides osellai* Legalov, 2011 (Curculionidae)
450. *Bagous (Parabagous) osellai* Caldara & O'Brien, 1998 (Curculionidae)
451. *Blaste osella* Lienhard, 1987 (Psocidae)
452. *Boraginobius osellanus* Colonnelli, 1983 (Curculionidae)
453. *Bryaxis osellai* Besuchet & Kurbatov, 2007 (Staphylinidae)
454. *Carabus stjernvalli osellai* Breuning & Ruspoli, 1970 (Carabidae)
455. *Cephalorostris osellai* Richard, 1979 (Curculionidae)
456. *Ceutorhynchus osellai* Colonnelli, 1984 (Curculionidae)
457. *Chaetechelyne osellai* Matic & Darabantu, 1968 (Dignathodontidae)
458. *Coelotes osellai* de Blauwe, 1973 (Agelinidae)
459. *Coniatus (Bagoides) osellai* Bajtenov, 1981 (Curculionidae)
460. *Coryphomoides osellai* Löbl, 1982 (Staphylinidae)
461. *Cricotopus (Paratrachocladus) osellai* (Rossaro, 1990) (Chironomidae)
462. *Cryptops (Cryptops) osellai* Matic, 1977 (Cryptopidae)
463. *Cycloteres osellai* Richard, 1981 (Curculionidae)
464. *Diacanthochara osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
465. *Dichotrachelus osellai* Meregalli, 1983 (Curculionidae)
466. *Dieuches osellai* Carapezza, 2006 (Rhyparochromidae)
467. *Dimorphocoris osellai* Tamanini, 1976 (Miridae)
468. *Dinosius osellai* Ferragu, 1986 (Curculionidae)
469. *Donus osellai* Skuhrovec, 2008 (Curculionidae)
470. *Dysdera osellai* Alicata, 1973 (Dysderidae)
471. *Echiniscus osellai* Maucci, 1975 (Echiniscidae)

472. *Ecuadorusa osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
473. *Eratigena osellai* (Brignoli, 1971) (Agelenidae)
474. *Eudera osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
475. *Eulibia osellai* (Coiffait, 1981) (Staphylinidae)
476. *Eupiestus osellai* Coiffait, 1981 (Staphylinidae)
477. *Eupolybothrus osellai* Matic, 1992 (Lithobiidae)
478. *Eusphalerum (Eusphalerum) osellai* Zanetti, 1993 (Staphylinidae)
479. *Exochostoma osellai* Mason, 1995 (Stratiomyidae)
480. *Liosoma osellai* Diotti & Caldara, 2020 (Curculionidae)
481. *Gammarus osellai* Karaman & Pinkster, 1977 (Gammaridae)
482. *Geostiba (Sipalotricha) osellai* Pace, 1977 (Staphylinidae)
483. *Germarostes (Germarostes) osellai* Ballerio & Gill, 2008 (Hybosoridae)
484. *Gnypeta osellai* Pace, 1986 (Staphylinidae)
485. *Gyrophæna (Gyrophæna) osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
486. *Harpactea osellai* Brignoli, 1978 (Dysderidae)
487. *Harpolithobius osellai* Matic Z., 1983 (Lithobiidae)
488. *Heterostiba osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
489. *Heterotrochus osellai* Coiffait, 1981 (Staphylinidae)
490. *Leiosoma osellai* Diotti & Caldara, 2020 (Curculionidae)
491. *Leptagria osellai* (Pace, 2015) (Staphylinidae)
492. *Leptoseps osellai* (Böhme, 1981) (Scincidae)
493. *Leptotyphlus (Leptotyphlus) osellai* Pace, 1973 (Staphylinidae)
494. *Leptusa (Planepisalia) osellai* Pace, 1977 (Staphylinidae)
495. *Lesteva (Lesteva) osellai* Zanetti & Shavrin, 2021 (Staphylinidae)
496. *Leucocraspedum osellai* Pace, 1986 (Staphylinidae)
497. *Lithobius (Monotarsobius) osellai* Matic, 1968 (Lithobiidae)
498. *Macrogerodonia osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
499. *Malaisomedon osellai* Coiffait, 1981 (Staphylinidae)
500. *Meira osellai* Pierotti, 2016 (Curculionidae)
501. *Mesoxonyx osellanus* Colonnelli, 2005 (Curculionidae)
502. *Metastemoniscus osellai* Taiti & Ferrara, 1982 (Stemoniscidae)
503. *Mexicolaophonte osellai* Cottarelli, 1986 (Laphontinae)
504. *Micromimus osellai* Voss, 1968 (Curculionidae)
505. *Mycterodus osellai* Dlabola, 1977 (Issidae)
506. *Neobisium (Neobisium) osellai* Callaini, 1983 (Neobisiidae)
507. *Onthophagus (Palaeonthophagus) osellai* Pittino, 1982 (Scarabaeidae)
508. *Ophiulus osellai* Strasser, 1970 (Julidae)
509. *Osellasomatini* Mauriès, 2003 Tribù (Neoatractosomatidae)
510. *Osella* Evans, 1972 Genere (Cicadellidae)
511. *Osellaeus* Alonso-Zarazaga, 1990 Genere (Curculionidae)
512. *Osellasoma* Mauriès, 1984 Genere (Cicadellidae)
513. *Otiiorhynchus (Cavernodes) beppeosellai* Magrini, 2020 (Curculionidae)
514. *Otiiorhynchus (Otiiorhynchus) osellai* Magnano, 1969 (Curculionidae)
515. *Otiiorhynchus (Prodeminus) osellanus* Smreczyński, 1977 (Curculionidae)
516. *Ousipaliaglossa osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
517. *Oxytrechus osellai* Giachino; Allegro & Baviera, 2014 (Carabidae)
518. *Parabainusa osellai* Pace, 2008 (Staphylinidae)
519. *Paramauirops osellai* Pace, 1976 (Staphylinidae)
520. *Pelletierellus osellai* (Fremuth, 1992) (Curculionidae)
521. *Pholcus osellai* Brignoli, 1971 (Pholcidae)
522. *Phrissotrichum (Schilskyapion) osellai* Sacco & Colonnelli, 1985 (Curculionidae)
523. *Platylomalus osellai* Vienna, 1983 (Histeridae)
524. *Plesiomalota osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
525. *Plinthus (Caucasoplinthus) osellai* Meregalli, 1985 (Curculionidae)
526. *Pontonyx osellai* (Ruffo, 1972) (Crangonyctidae)
527. *Pseudomeira osellai* Pierotti & Bellò, 1994 (Curculionidae)
528. *Pseudoplandria osellai* Pace, 1986 (Staphylinidae)
529. *Pyramica osellai* Rigato & Scupola, 2008 (Formicidae)
530. *Rhyacophila osellai* Malicky, 1981 (Rhyacophilidae)
531. *Rougeotia osellai* Berio, 1978 (Noctuidae)
532. *Schizidium osellai* Schmalfuss, 1988 (Armadillidiidae)
533. *Schizorphnebius osellai* Pace, 2015 (Staphylinidae)
534. *Simmeiropsis osellai* (Pierotti & Bellò, 2006) (Curculionidae)
535. *Spongovostox osellai* Steinmann, 1984 (Spongiophoridae)
536. *Stenus (Hemistenus) osellai* Puthz, 1981 (Staphylinidae)
537. *Strophomorphus osellai* Pelletier, 1999 (Curculionidae)
538. *Strumigenys osellai* (Rigato & Scupola, 2008) (Formicidae)
539. *Tachycixius osellai* (Dlabola, 1980) (Cixiidae)
540. *Tipula (Pterelachisus) osellai* Theowald, 1980 (Tipulidae)
541. *Trechus (Trechus) osellai* F.Battoni & Vigna Taglianti, 1994 (Carabidae)
542. *Troglocyphoniscus osellai* Caruso, 2000 (Trichoniscidae)
543. *Troglolulus osellai* Strasser, 1977 (Julidae)
544. *Tychius (Tychius) osellai* Caldara, 1995 (Curculionidae)
545. *Xantholinus (Typhlolinus) osellai* Bordoni, 1976 (Staphylinidae)

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI
DI GIUSEPPE BARTOLOMEO OSELLA (241)

- Osella, [B.] G. & G. Borzini, G. 1960. *Risultati di indagini preliminari concernenti la disinfestazione di erbe aromatiche e medicinali*. Bollettino del Laboratorio Sperimentale e Osservatorio di Fitopatologia. Anno 23°, Nuova Serie, N° 1. Gennaio-Giugno, 1960.
- Osella, B. G. 1962. *Aspetti attuali della lotta contro i tarli in pioppicoltura*. Il Coltivatore e Giornale vinicolo italiano, Casale Monferrato, (7/8): 1-12.
- Osella, B. G. 1962. *Risultati di prove di lotta contro la cocciniglia sul pesco*. Il Coltivatore e Giornale vinicolo italiano, Casale Monferrato, 11, novembre 1962.
- Osella, [B.] G. 1962. *Un altro cossonino nuovo per il Piemonte: il Rhyncholus cylindrus Boh.* Bollettino del Laboratorio Sperimentale e Osservatorio di Fitopatologia, 25.
- Osella, B. G. 1962. *Contributo alla lotta primaverile contro la Psylla del pero (Psylla piri L.)*. Il Coltivatore e Giornale vinicolo italiano, Casale Monferrato, n.12:1-4, 1962.
- Osella, B. G. 1963. *La difesa fitosanitaria del melo. Calendari dei trattamenti per colture insidiate da gravi e molteplici attacchi parassitari*. Il Coltivatore e Giornale vinicolo italiano, Casale Monferrato, n.11, 1963.
- Osella, [B.] G. 1963. *Sul rinvenimento del Choerorhinus squalidus Fairm. in Piemonte (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 18(1): 10.
- Osella, [B.] G. 1963. *Contributo alla conoscenza della fauna curculionidica piemontese: specie rare o nuove per la regione. (III Contributo)*. Bollettino del Laboratorio Sperimentale e Osservatorio di Fitopatologia, Nuova serie, 26(2): 57-68.
- Borzini, G. & G. Osella. 1963. *Risultanze di nuovi indirizzi di lotta anticrittogamica in viticoltura volti a conseguire notevole risparmio di manodopera. Campagna 1963. Nota preliminare*. Osservatorio per le Malattie delle piante Torino. Atti delle giornate Fitopatologiche 1963.
- Osella, [B.] G. 1966. *Alcuni interessanti reperti di curculionidi italiani ed osservazioni sulla loro corologia*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 14: 389-399.
- Osella, [B.] G. 1966. *Liparus mariae Grandi (Col. Curculionidae)*. Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 21(1): 13.
- Osella, [B.] G. 1968. *Primo contributo alla conoscenza dei curculionidi delle oasi xerothermiche prealpine*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 16: 213-233.
- Osella, [B.] G. 1968. *Revisione delle specie italiane del genere Dichotrachelus Stierl. (Coleoptera Curculionidae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 16: 349-445.
- Osella, [B.] G. 1968. *Considerazioni sulla distribuzione dei Dichotrachelus italiani (Coleoptera Curculionidae)*. Atti del VII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Verona, settembre 1967, pp. 139-140.
- Osella, [B.] G. 1968. *Un nuovo Troglorhynchus del gruppo del baldensis e brevi considerazioni sistematiche sulle specie affini (Coleoptera Curculionidae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 16: 141-156.
- Osella, [B.] G. 1970. *Contributi alla conoscenza della fauna delle oasi xerothermiche prealpine. I Rincoti Eteroteri*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 1970, 18.
- Osella, [B.] G. 1970. *Giuseppe Della Beffa*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona. Volume XLIX, 30.XII.1970.
- Osella, [B.] G. 1970. *Revisione del genere Caulomorphus Faust e descrizione di cinque nuove specie delle regioni montuose della Turchia lungo il Mar Nero (Coleoptera Curculionidae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 17[1969]: 359-395.
- Magnano, L. & G. Osella. 1970. *I Curculionidi delle Alpi Apuane*. Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Nuova Serie, 1[1970].
- Rivosecchi, L. & Osella, [B.] G. 1970. *Su qualche Simulide catturato sull'uomo*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 18[1970]: 337-342.
- Osella, [B.] G. 1971. *I curculionidi delle isole Ponziane (Coleoptera)*. Fragmenta Entomologica, 7(4): 257-283.
- Osella, [B.] G. 1971. *Descrizione di cinque nuove specie di Raymondionymus Wollaston di Spagna, Portogallo e dei Pirenei orientali appartenenti ad un nuovo sottogenere Coiffaitiella mihi (Coleoptera Curculionidae)*. Nouvelle Revue d'Entomologie, 1: 67-87.
- Osella, [B.] G. 1971. *Revisione del genere Dichotrachelus Stierlin (Coleoptera Curculionidae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 18[1970]: 449-569.
- Magnano, L. & G. Osella. 1971. *Revisione del genere Parameira Seidlitz (Coleoptera Curculionidae) e descrizione di una nuova specie di Crimea*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 19: 237-266.
- Osella, [B.] G. 1973. *Notule curculionidologiche. II (Coleoptera Curculionidae)*. Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 27(3/4): 53-62.
- Osella, [B.] G. 1973. *I curculionidi delle isole Egadi (Coleoptera)*. Atti dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, (7)5: 19-50.
- Osella, [B.] G. 1973. *Descrizione di quattro nuove specie di Rhytirhinini d'Anatolia e una di Dobrugia e ridecrizione di Horridorhinus phrygius Daniel (Coleoptera, Curculionidae) (II contributo alla conoscenza dei Curculionidae di Turchia)*. Fragmenta entomologica, 9(3): 157-177.
- Osella, [B.] G. 1973. *Una nuova specie di «Apion» Herbst della fauna italiana e ridecrizione dell'«Apion obtusum» Desbrochers (Coleoptera Curculionidae)*. Atti del Museo civico di Storia naturale di Trieste, 28(1): 195-210.
- Osella, [B.] G. 1973. *Alcune considerazioni sulla dis-*

- tribuzione dei curculionidi endogei ciechi o microfalmi della fauna paleartica. Livre du cinquanteaire de l'Istitut de spéologie «Émile Racovitza», 1971: 369-383.
- Osella, [B.] G. 1973. *Ruffodytes hellenicus* n. gen. n. sp. di erirrhino cieco endogeo di Grecia (Coleoptera Curculionidae). Atti della Società italiana di Scienze naturali e del Museo civico di Storia naturale di Milano, 114(4): 489-499.
- Osella, [B.] G. 1973. Una nuova specie di Phloeophagosome Wollaston della Cina centrale Coleoptera Curculionidae, Cossoninae. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 20[1972]: 91-98.
- Osella, [B.] G. 1973. La fauna dei boschi della Lessinia e del Monte Baldo. Atti e Memorie dell'Accademia di agricoltura scienze e lettere di Verona, (6)24[1972/1973]: 315-333.
- Osella, [B.] G. 1973. Una nuova specie di cossonino cieco dell'isola di Cuba Coleoptera-Curculionidae. Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba, 1: 373-377.
- Magnano, L. & G. Osella. 1973. La curculionidofauna delle isole circumsiciliane: alcune osservazioni zoogeografiche. Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Nuova Serie, 3[1972]: 3-31.
- Osella, [B.] G. 1974. *Besuchetiella mirabilis* n. gen. n. sp. di curculionide cieco della Malaysia (Coleoptera). Con quattro figure in testo. Revue Suisse de Zoologie, 81(2): 501-509.
- Osella, [B.] G. 1974. Una nuova specie di Troglorhynchus Schmidt (Col. Curc.) dell'Epiro. Con 2 figure. Revue Suisse de Zoologie, 81(4): 791-795.
- Osella, [B.] G. & P. Cornacchia. 1974. Nuove specie di Ceutorhynchinae delle prealpi veronesi (Coleoptera Curculionidae). Bollettino della Società entomologica italiana, 106(8/10): 141-155.
- Osella, [B.] G. & A. Zanetti. 1974. La coleottero-fauna dei nidi di *Talpa europea* L. nell'Italia settentrionale a nord del fiume Po. Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura, Serie II, v. 12, 1974.
- Osella, [B.] G. 1975. Descrizione di due nuove specie di Phloeophagus Schh. e brevi note sulla corologia e sulla ecologia di *P. gracilis* Rosenh. e *P. lignarius* Marsh. Coleoptera, Curculionidae: Cossoninae. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 1[1974]: 415-426.
- Meregalli, M. & G. Osella. 1975. Una nuova specie di Dichotrachelus Stierlin delle prealpi piemontesi. Bollettino della Società entomologica Italiana, 107(3/5): 75-80.
- Osella, [B.] G. 1976. Descrizione di una nuova specie di Caulomorphus Faust della Persia (Coleoptera, Curculionidae). Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, 85(1/2): 92-94.
- Osella, [B.] G. 1976. Mission entomologique du Musée Royal de l'Afrique Centrale aux Monts Uluguru, Tanzanie (L. Berger, N. Leleup et J. Debecker, V-VI-II.1971). 22. Coleoptera Curculionidae Otiorhynchinae et Hylobiinae (XVI. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Revue de Zoologie Africaine, 90(4): 837-865.
- Osella, [B.] G. 1976. I curculionidi endogei dell'isola di Madera raccolti da S. Vit. (Coleoptera) (XII contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Con 17 figure. Revue Suisse de Zoologie, 83(3): 695-703.
- Osella, [B.] G. 1976. Decuanellus viti n. sp. di curculionide endogeo dell'isola di Guadalupa (Coleoptera) (XI contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Con 4 figure. Revue Suisse de Zoologie, 83(3): 673-677.
- Osella, [B.] G. & S. Ruffo. 1976. O Faunistickim Istrazivanjima u Italji i Njihovoj Organizaciji. Acta Entomologica Jugoslavica, 1976, 12, 1-2.
- Osella, [B.] G. 1977. Curculionidi nuovi o poco conosciuti della fauna appenninica (Coleoptera). (XV. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 3[1976]: 179-204.
- Osella, [B.] G. 1977. La curculionidofauna dei pascoli d'alta quota d'Alpi ed Appennino. Animalia, 4(3): 223-276.
- Osella, [B.] G. 1977. Schauenbergia anophthalma n. gen. n. sp. di pachirrinchino cieco dell'isola di Riunione (Col. Curc.) (XVII. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Revue suisse de Zoologie, 84(2): 339-343.
- Osella, [B.] G. 1977. Contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea dell'Iran settentrionale. (XIV. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Con 33 figure. Revue suisse de Zoologie, 84(1): 145-171.
- Osella, [B.] G. 1977. Pseudocoecocossonus zayasi n. gen., n. sp. di curculionide endogeo di Cuba (Coleoptera). Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba, 2: 393-395.
- Osella, [B.] G. 1977. Nuove specie di Curculionidae endogei dell'isola di Cuba. Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba, 2: 397-402.
- Osella, [B.] G. 1977. Curculionidi dannosi ai Pinus nella repubblica centro-americana di El Salvador (Coleoptera). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 4: 449-466.
- Osella, [B.] G. 1977. Curculionidi nuovi o poco conosciuti della penisola anatolica: le specie appartenenti al genere Myllocerus Schönh. e Ptochus Schönh. (Coleoptera). Fragmenta entomologica, 13(1): 1-20.
- Osella, [B.] G. 1977. Revisione della sottofamiglia Raymondionyminae (Coleoptera, Curculionidae). Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, (II serie), Sezione scienze della vita, (1): 1-162.
- Osella, [B.] G. 1977. Neumatoma viti n. sp. di torneumatino di Tunisia (XVIII contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Bollettino della Società entomologica italiana, 109(4/6): 85-88.
- Osella, [B.] G. 1977. Dichotrachelus ulbrichi n. sp. di curculionide delle Alpi orientali (Col.). Entomologis-



Fig. 10 - La Collezione Osella al Museo Civico di Storia Naturale di Verona.

- che Blätter, 73: 165-168.
- Osella, [B.] G. 1977. *Eduard Voss (1884-1974)*. Memorie della Società entomologica italiana, 55[1976]: 223-224.
- Osella, [B.] G. 1977. *Mario Magistretti (1902-1974)*. Memorie della Società entomologica italiana, 56[1977]: 251-255.
- Osella, [B.] G. 1978. *Specie nuove o rare di Curculionidi della regione del Monte Kenya (XX. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Con 17 figure. Revue suisse de Zoologie, 85(3): 553-563.
- Osella, [B.] G. 1978. *Nuove specie di Dysommatus Marshall (Coleoptera, Curculionidae: Otiorhynchinae)*. Revue de Zoologie Africaine, 92(3): 533-568.
- Osella, [B.] G. 1978. *Dysommatus (?) vignai, nuova specie di curculionide dell'Etiopia (Coleoptera)*. Quaderni dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Sezione Missioni ed Esplorazioni - III, 243: 197-202.
- Osella, [B.] G. 1978. *Due nuovi "Cossoninae" delle isole Salvages Coleoptera: Curculionidae (XVIII contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea) (pp. 159-169)*. In: F. García-Talavera (ed.). *Contribución al estudio de la Historia Natural de las Islas Salvajes. Museo de Ciencias Naturales, Cabildo Insular de Tenerife (Aula de Cultura)*, 209 pp.
- Meregalli, M. & G. Osella. 1978. *I curculionidi e gli attelabidi delle oasi xerotermiche della valle di Susa (Coleoptera)*. Annali dell'Accademia di Agricoltura di Torino, 120[1977/1978]: 109-148.
- Meregalli, M. & G. Osella. 1978. *I coleotteri Curculionidae ed Attelabidae delle oasi xerotermiche della Val di Susa*. Atti XI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia Portici-Sorrento, 10-15 maggio 1976, pp. 193-195.
- Osella, [B.] G. 1979. *Soil Curculionidae (Coleoptera)*. Bollettino di Zoologia, 46(4): 299-318.
- Osella, [B.] G. 1979. *Una nuova specie di Troglorhynchus Schmidt dell'Umbria (XXII. Contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale, Verona, 5[1978]: 395-400.
- Osella, [B.] G. 1979. *Un nuovo genere di Curculionidae (Pseudoanthonidium m.: Col.: Curc.: Hylobiinae) del vicino oriente e note sulla distribuzione di Anthonidium ulcerosum (Aubé) (XXI. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Con 20 figure. Revue suisse de Zoologie, 86(2): 339-349.
- Osella, [B.] G. 1979. *Nuove specie di curculionidi delle isole Mascaregne (Coleoptera)*. Con 5 figure. Revue suisse de Zoologie, 86(1): 37-48.
- Osella, [B.] G. & N. Lodos. 1979. *Un nuovo genere (Parhaptomerus Osella e Lodos) per Haptomerus schneideri (Kirsch) (Coleoptera: Curculionidae)*. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 3(2): 75-82.
- Osella, [B.] G. & N. Lodos. 1979. *Hoplopteridius lutosus (Fivaldsky [sic!]): brevi note sistematiche (Coleoptera: Curculionidae-Hylobiinae)*. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 3(3): 161-170.
- Osella, [B.] G. 1980. *Nuovi curculionidi ciechi della regione neotropica (Coleoptera)*. Fragmenta entomologica, 15(2): 365-422.
- Osella, [B.] G. 1980. *Due nuovi curculionidi anoftalmi del Mediterraneo orientale (Coleoptera (XXXIII. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Con 8 figure. Revue suisse de Zoologie, 87(3): 813-819.
- Osella, [B.] G. 1980. *Farfalle*. Catalogo Mostra. Edizione Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 69 pp., 1981.
- Beaucournu, J. C., G. Osella et M. Valle. 1980. *Quelques Siphonapteres rares ou nouveaux pour la Faune d'Italie*. Bollettino del Museo Civico di Storia Natu-

- rale di Verona, VII[1980]: 319-327.
- Modena, P. & G. Osella, 1980. *La coleotterofauna di due stazioni umide della bassa pianura Veronese*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale, Verona, 5II[1980]: 1231-180, 8 tavv..
- Osella, [B.] G. 1981. *I curculionidi (Coleoptera) di Giannutri (Arcipelago toscano)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 7[1980]: 361-369.
- Osella, [B.] G. 1981. *Contributo alla conoscenza dei curculionidi delle isole Andamane e Maledive (Oceano Indiano) (Coleoptera)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 7[1980]: 371-394.
- Osella, [B.] G. 1981. *Ricerche zoologiche alle isole Andamane della spedizione subacquea veronese "Reef '78"*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 7[1980]: 275-229.
- Osella, [B.] G. 1981. *Il genere Styphlidius Penecke, 1936 (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 7[1980]: 57-67.
- Osella, [B.] G. 1981. *Trogloorhynchus giustii n. sp. dell'isola d'Elba (Arcipelago Toscano) (Col. Curc.: Otiiorhynchinae) (XXIV. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 7[1980]: 355-360.
- Bellò, C., M. Meregalli & G. Osella. 1981. *Una nuova sottospecie di Apion bonvouloiri Bris. del Monte Baldo (Coleoptera: Curculionidae: Apioninae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 7[1980]: 519-525.
- Osella, [B.] G. 1982. *I curculionidi (Coleoptera) delle dune e delle coste sabbiose d'Italia*. Quaderni sulla "Struttura delle zoocenosi terrestri". 3. Ambienti mediterranei. I. Le coste sabbiose. Collana del programma finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", 175: 103-120.
- Osella, [B.] G. 1982. *Gilbertiella nomen novum per Gilbertia Osella, 1977 (Col. Curc.: Raymondionyminae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 8[1981]: 536.
- Osella, [B.] G. 1982. *I curculionidi cavernicoli italiani (Riassunto)*. Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Nuova Serie, 7[1978]: 337-338.
- Osella, [B.] G. 1982. *Ruffodytes servadeii nuova specie di Eriirrhinae del Gargano (Col. Curculionidae) (XXVI contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea [sic!])*. Memorie della Società entomologica italiana, 60[1981]: 273-277.
- Osella, [B.] G. & G. Nonveiller. 1982. *Ubychia ellipsoidalis nuova specie di curculionide di Serbia (Col. Curcul.: Raymondionyminae)*. Acta Entomologica Jugoslavica, 18(1/2): 23-26.
- Osella, [B.] G. 1983. *Nuove specie di curculionidi delle regioni orientale ed australiana (XXV. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Con 32 figure. Revue suisse de Zoologie, 90(1): 111-126.
- Osella, [B.] G. 1983. *Sulla presenza di elementi montani nella coleotterofauna dell'alta pianura piemontese*. Atti XIII Congresso nazionale di Entomologia, Sestriere-Torino, pp. 303-310.
- Osella, [B.] G. 1983. *Tre nuovi Cossoninae delle Regione Orientale (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 9[1982]: 403-415.
- Osella, [B.] G. 1983. *I Trogloorhynchus del gruppo baldensis Czwalina, 1875*. Studi trentini di Scienze naturali (Acta Biologica), 60: 95-123.
- Osella, [B.] G. 1983. *Amaurorrhinus hauseri n. sp. del Peloponneso (Coleoptera: Curculionidae: Cossoninae) (XXVII. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Con 10 figure. Revue suisse de Zoologie, 90(3): 533-536.
- Osella, [B.] G., C. Bellò & M. Pogliano Osella. 1983. *Dichotrachelus philippi nuova specie di curculionide del Monte Pasubio (Insecta: Coleoptera: Curculionidae)*. Studi trentini di Scienze naturali, Acta Biologica, 60: 87-94.
- Osella, B. G. 1983. *L'arvicola terrestre...ovvero il topo d'acqua*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno I, N.2, marzo-aprile, pag. 74.
- Osella, B. G. 1983. *Quant'è simpatico lo scoiattolo*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno I, N.3, maggio-giugno, pag. 221.
- Osella, B. G. 1983. *La pantegana o ratto delle chiavi che ha invaso quasi tutto il mondo*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno I, N.4, luglio-agosto, pag. 146.
- Osella, B. G. 1983. *Il topolino domestico ovvero l'inquinamento delle nostre abitazioni*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno I, N.5, settembre-ottobre, pag. 54.
- Osella, B. G. 1983. *Non comportiamoci da ciechi di fronte al mondo delle talpe*. VITA in
- Osella [B.] G. & M. Pogliano Osella, 1984. *XXX. Studi sulla palude del Busatello (Veneto-Lombardia)*. Mem. Mus. Civ. St. Nat., Verona, (II serie), sez. biologica, 7:89-97
- Osella, [B.] G. & I. Tamanini. 1984. *Recensioni. Péricart Jean, 1983: Faune de France, 69. Hémiptères Tingidae euro-méditerranéens*. Bollettino della Società entomologica italiana, 116(4-7): 124-126, 20.10.1984.
- Osella, B. G. 1984. *Il riccio, un amico da salvare*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno II, N.1, gennaio-febbraio, pag. 64.
- Osella, B. G. 1984. *Come vive la nutria allo stato selvatico*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno II, N.4, luglio-agosto, pag. 78.
- Osella, B. G. 1984. *Al tasso piace la pulizia*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno II, N.6, novembre-dicembre.
- Osella, [B.] G. 1985. *Pietro Zangheri ed il Museo della Romagna*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 30.VI.1985.
- Osella, [B.] G. 1985. *Un nuovo Pseudoanthonidium Osella d'Israele (Col. Curc.: Hylobiinae)*. Con 7 figure. Revue Suisse de Zoologie, 92(1): 89-92.
- Osella, [B.] G. 1985. *Fauna: tra endemismo e mediterraneismo (pp. 52-69)*. In: Vita del Monte Baldo - L'ambiente e l'uomo, Comunità montana del Baldo, Capri-

- no Veronese, xxx pp.
- Osella, [B.] G. & P. Abbazzi. 1985. *Quattro nuove specie di curculionidi dell'Apennino (Coleoptera). XXXIV contributo alla conoscenza delle curculionidofauna endogea*. Redia, 68: 467-484.
- Osella, G., R. M. Gioco & A. Montolli. 1985. *Le Collezioni Zoologiche del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*. Museologia Scientifica, II, (1-2), 1985:1-2.
- Osella, [B.] G. & C. Giusto. 1985. *Nuove specie di curculionidi del suolo paleartico-occidentali*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 10[1983]: 425-440.
- Osella, [B.] G. & S. Ruffo. 1985. *L'Entomofauna Italiana: conoscenze attuali e prospettive future*. Atti del XIV Congresso nazionale italiano di Entomologia, Palermo, Erice, Bagheria. 1985.
- Vesentini Paiotta G. & Osella, [B.] G. 1985. *La fauna della città di Verona*. Quaderni naturalistici. Museo Civico di Storia naturale di Verona, 1985.
- Osella, [B.] G. 1986. *I Torneuma Wollaston (Coleoptera: Curculionidae) del Mediterraneo orientale e nuovi dati sulla curculionidofauna endogea iraniana (XXX-II. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Con 4 figure*. Revue Suisse de Zoologie, 93(1): 3-19.
- Osella, [B.] G. 1986. *Proëces hesperidum n. sp. di Capo Verde*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 12[1985]: 493-499.
- Osella, [B.] G. 1986. *Due nuovi curculionidi endogei della fauna italiana. (XXXIII. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Frustula entomologica, Nuova Serie, 7-8 (20-21) [1984/1985]: 373-383.
- Osella, [B.] G. 1986. *Beaveriola nomen novum per Beaveria Osella, 1983*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 13: 569.
- Osella, [B.] G., C. Bellò & M. Pogliano Osella. 1986. *Un nuovo Oreorhynchaesus del Monte Baldo (Col. Curc. Ceutorhynchinae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 11[1984]: 77-81.
- Osella, [B.] G. & L. Magnano. 1986. *I coleotteri attelabidi e curculionidi a diffusione transadriatica*. Biogeographia, Nuova Serie, 10[1984]: 701-792.
- Osella, [B.] G. & M. Meregalli. 1986. *Ocladius Schönherr, 1825 e Sphincticraerus Marseul, 1871 generi nuovi per la fauna europea (Col., Curculionidae)*. Bollettino dell'Istituto di Entomologia „Guido Grandi“ della Università di Bologna, 41: 109-125.
- Osella, [B.] G. & M. Pogliano Osella. 1986. *Nuovi curculionidi endogei del Mediterraneo occidentale*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale, Verona, 11[1984]: 53-68.
- Giannelli, L. & G. Osella. 1986. *La fauna macrobentonica del fiume Fibbio (regione Veronese)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 13[1986]: 4-93-529.
- O'Brien, C. W. & G. Osella. 1986. *Dryophthorus Germar, 1824 (Insecta, Coleoptera): proposed conservation by the suppression of Bulbifer Dejean, 1821*. Z.N.(S)2486. Bulletin of Zoological Nomenclature, 43(1): 58-6.
- Osella, [B.] G. 1987. *Cinque nuove specie di curculionidi endogei del Venezuela. (XXXI Contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea)*. Fauna hipogea y hemiedafica de Venezuela y de otros países de América del Sur, 1(21): 201-208.
- Osella, B. G. 1987. *Sua maestà l'astuzia*. VITA in CAMPAGNA, Verona, Anno 5, N.5, maggio, pag. 107.
- Osella, [B.] G., 1988. *Paolo Brignoli*. Atti del XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, pp. 1-6.
- Osella, [B.] G. 1988. *Ricerche faunistico-ecologiche sui curculionidi (Coleotteri) di alcuni ambienti della Val di Fiemme e delle Pale di San Martino*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica, supplemento 64: 395-492.
- Osella, [B.] G. 1988. *Gli invertebrati (pp. 62-68)*. In: La Riserva Naturale Valle dell'Orfento. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Collana Verde 76, Pescara, 127 pp.
- Osella, [B.] G., L. Magnano & P. Abbazzi. 1988. *Gli Oti-orhynchus apenninici [sic!] dei gruppi Nihus Reitter ed Eunihus Reitter (Coleoptera, Curculionidae, Oti-orhynchinae)*. Atti del XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, pp. 697-703.
- Gayubo, S. F., Borsato, W. & G. Osella. 1988. *Especidos italianos de la Colecion del Museo Civico de Historia Natural de Verona (Hymenoptera: Sphecidae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 15[1988]1991: 383-424.
- Gregori, L. & G. Osella. 1988. *Le Isole parasarde: il popolamento a Coleotteri Curculionidi (Insecta)*. Atti del XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, pp. 1073-1074.
- Pannunzio G., M. Dell'Agata & G. Osella. 1988. *Risultati preliminari di analisi elettroforetiche relative ad Oti-orhynchus auropupillatus Stierlin ed Oti-orhynchus n. sp. pr. binaghii Luigioni (Coleoptera: Curculionidae)*. Atti del XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, 1988:1076-1077.
- Osella, [B.] G. 1989. *Studi sulla palude del Busatello (Veneto-Lombardia). 19. I coleotteri curculionidi ed attelabidi*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale, Verona (2)7: 157-174.
- Osella, [B.] G. 1989. *Due nuovi curculionidi endogei (Coleoptera). (XXXIV. contributo alla conoscenza della curculionidofauna endogea). Con 8 figures*. Revue suisse de Zoologie, 96(2): 451-458.
- Osella, [B.] G. 1989. *Curculionidi nuovi o poco conosciuti della catena himalaiana (Coleoptera)*. Memorie della Società entomologica italiana, 67(2) [1988]: 317-336.
- Osella, [B.] G. 1989. *Paolo Brignoli: ricordo di un amico*. Memorie della Società entomologica italiana, 67(2) [1988]: 235-246.
- Osella, [B.] G. 1989. *Problemi e prospettive di zoogeografia in Romagna*. Ist. conserv. stud. mater. natural. Romagna, Cesena.
- Osella, B. G. 1989. *Vita e costumi della talpa*. VITA in

- CAMPAGNA, Verona, Anno 7, N.11, novembre, pag. 100.
- Abbazzi, P., L. Bartolozzi & G. Osella. 1989. *Primo contributo alla conoscenza dei Curculionoidea (Attelabidae, Apionidae, Curculionidae) del Parco Nazionale della Calabria (Insecta, Coleoptera)*. Redia, 72(2): 303-373.
- Gregori, L. & G. Osella. 1989. *Ricerche zoologiche della nave oceanografica "Minerva" (C.N.R.) sulle isole circumsarde. VI. Il popolamento a coleotteri Curculionoidea (Insecta)*. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria", 87: 373-492.
- Osella, [B.] G. 1990. *Le siepi: un ambiente che scompare*. Istituto per la Conservazione e lo Studio dei Materiali Naturalistici della Romagna. Atti dell'Inaugurazione. Cesena, 4 maggio 1990: 65-70.
- Osella, [B.] G. 1990. *The zoogeographical significance of curculionid fauna in the islands of central and southern Atlantic Ocean*. Atti dei Convegni dei Lincei, 85: 773-786.
- Osella, [B.] G. 1990. *Biogeographical aspects of insularity. The zoogeographical significance of curculionid fauna in the islands of the central and southern Atlantic Ocean*. Acc. Naz. Lincei, Osella, [B.] G. & C. Di Marco. 1996. *Nuovi Curculionoidea della fauna siciliana (Coleoptera)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 20[1993]: 345-370.
- Osella [B.] G. & L. Bartolozzi, 1990. *Nuovi Cossoninae (Coleoptera, Curculionidae) d'India e Sri Lanka. Con 26 figure*. Revue Suisse de Zoologie, 97(3): 989-1002.
- Bartolozzi, L. & G. Osella. 1990. *Osservazioni sulla distribuzione dei Brentidae (Insecta, Coleoptera) in Somalia*. Biogeographia, 14[1988]: 251-263.
- Bartolozzi, L. & G. Osella. 1990. *Contribution to the knowledge of Brentidae (Insecta, Coleoptera) of Sierra Leone and Ghana*. Quaderni dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Sezione Missioni ed Esplorazioni, Ricerche
- Osella, [B.] G. 1991. *I coleotteri curculionoidei: caratteristiche sistematiche e faunistiche del popolamento italiano (soprattutto meridionale)*. Atti XVI Congr. naz. entomol.:33-51
- Osella, [B.] G., W. Mammoli & A. M. Zuppa. 1991. *Il popolamento a coleotteri curculionoidea di tre ambienti umidi abruzzesi. Nota preliminare*. Atti del XVI Congresso nazionale italiano di Entomologia, Bari-Martina Franca, 23/28.IX.1991, pp. 145-148.
- Osella, [B.] G., W. Mammoli & A. [M.] Zuppa. 1991. *Ricerche zoologiche della nave oceanografica "Minerva" (C.N.R.) sulle isole circumsarde. IX. Gli Otiorhynchus Germar del gruppo intrusus Reiche, 1862 (Coleoptera, Curculionoidea, Polydrusinae)*. Annali del Museo Civico di storia Naturale "G. Doria", 88: 379-401.
- Abbazzi, P., L. Bartolozzi & G. Osella. 1992. *Una nuova specie di Troglorhynchus Schmidt, 1854 del Parco Naturale della Maremma (Coleoptera Curculionidae)*. Bollettino della Società entomologica italiana, 124(1): 37-42.
- Magnano, L. & G. Osella. 1970. *I curculionidi delle Alpi Apuane (Coleoptera) (con cinque figure nel testo)*. Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Nuova Serie, 1: 568-618.
- Zhang R, Osella G (1992) *A new Stenoscelodes Konishi, 1962 from Tibet, China (Coleoptera, Curculionidae: Cossoninae)*. Bollettino della Società Entomologica Italiana 71: 559-561.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1993. *East mediterranean soil Curculionidae*. (Insecta, Coleoptera). Biologia Gallo-hellenica, 20(1): 239-248. INE
- Osella, [B.] G., A. M. Zuppa & T. Altea. 1993. *Il popolamento a Curculionoidea (Coleoptera) delle montagne gemelle dei Fiori e di Campli*. Rivista del Museo Civico di Storia Naturale "E. Caffi", Bergamo, 16[1992]: 45-78.
- Osella, [B.] G., A. M. Zuppa & N. Lodos. 1993. *I Cossoninae d'Anatolia e regioni viciniori (Coleoptera, Curculionidae)*. Fragmenta entomologica, 24(2): 243-305.
- Abbazzi, P. & G. Osella. 1993. *Elenco sistematico-faunistico degli Anthribidae, Rhinomaceridae, Attelabidae, Apionidae, Brentidae, Curculionidae italiani (Insecta, Coleoptera: Curculionoidea). I parte*. Redia, 75 [1992] (2): 267-414.
- Abbazzi, P., G. Osella, S. Calamandrei & T. Altea. 1993. *Elenco sistematico-faunistico degli Anthribidae, Rhinomaceridae, Attelabidae, Apionidae, Brentidae, Curculionidae italiani (Insecta, Coleoptera: Curculionoidea). II parte*. Redia, 76(1): 179-221
- Altea, T. & G. Osella. 1993. *Caratteristiche del popolamento a coleotteri Curculionoidea della Riserva Naturale orientata "Valle Orfento" (Majella - Abruzzo)*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica 68[1991]: 239-266.
- Borovec, R. & G. Osella. 1993. *Trachyploeus amicalis n. sp. della regione appenninica (Coleoptera Curculionidae)*. Bollettino della Società entomologica italiana, 124(3): 179-185.
- Borovec, R. & G. Osella. 1993. *Ricerche zoologiche della nave oceanografica "Minerva" (C.N.R.) sulle isole circumsarde. XIII. Due nuove specie di Trachyploeus Germar, 1824 di piccole isole italiane (Coleoptera, Curculionidae)*. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria", 89: 401-413.
- Borovec, R. & G. Osella. 1993. *Un nuovo Trachyploeus Germar, 1817 di Sardegna (Coleoptera, Curculionidae, Polydrusinae)*. Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 47[1992]: 87-92.
- Zhang, R. & G. B. Osella. 1993. *A new Stenoscelodes Konishi, 1962 from Tibet, China (Coleoptera Curculionidae Cossoninae)*. Memorie della Società entomologica italiana, 71 [1992] (2): 559-561.
- Osella, [B.] G. & N. Rulli. 1994. *Il popolamento a coleotteri Curculionoidea dell'area dell'ex "Bosco Tanassi" (Molise) (Coleoptera)*. Memorie della Società entomologica italiana, 72[1993]: 245-276.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1994. *Anthribidae, Apionidae, Attelabidae e Curculionidae del Monte Nerone (e territori viciniori) (Appennino um-*

- bro-marchigiano) (*Coleoptera*, *Curculionidae*). *Biogeographia*, 17[1993]: 399-426.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1994. *Gli Otiorhynchus Germar, 1824 del Monte Nerone e montagne viciniari (Appennino umbro-marchigiano) (Coleoptera, Curculionidae)*. *Biogeographia*, 17[1993]: 367-397.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1994. *Gli Orthochaetini italiani (Coleoptera Curculionidae Notarinae)*. *Memorie della Società entomologica italiana*, 72[1993]: 277-309.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1994. *Otiorhynchus (Lolatus) manellii n. sp. (Coleoptera: Curculionidae) from central Appennine*. *Contributions to Animal Biology*, 1994: 315-319.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1994. *Biodiversità e zoogeografia nel popolamento a Curculionoidea della Regione Abruzzo (Coleoptera)*. *Atti del VII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, Udine, 13-18 giugno 1994, pp. 221-222.
- Andreotti, A. & Osella, G., 1994. *Gli Attelabidae italiani: sistematica e biologia*. *Atti del XVII Congresso nazionale italiano di Entomologia*, Udine: 141-143
- Tinti, F., B. Mantovani, C. Bellò, H. Pierotti, A. Zuppa, G. Osella & V. Scali. 1994. *Caratterizzazione allozimatica di popolazioni bisessuali e unisessuali del genere Meira Duval, 1852 (Coleoptera: Curculionidae): dati preliminari*. *Atti del XVII Congresso nazionale italiano di Entomologia*, Udine 13-18 giugno 1994, pp. 145-148.
- Zuppa, A. M., G. Osella & S. Biondi. 1994. *Parental care in Attelabidae (Coleoptera, Curculionoidea)*. *Ethology Ecology and Evolution*, Special Issue, 3: 113-118.
- Osella, [B.] G. & M. Riti. 1995. *Arthropoda di Lampedusa, Linosa e Pantelleria (Canale di Sicilia, Mar Mediterraneo). Coleoptera Attelabidae, Apionidae, Brachyceridae e Curculionidae*. *Naturalista Siciliano*, 19(suppl.): 597-665.
- Abbazzi, P., E. Colonnelli, L. Masutti & G. Osella. 1995. *Coleoptera Polyphaga XVI (Curculionoidea)*. In: A. Minelli, S. Ruffo & S. La Posta (eds.). *Checklist delle specie della fauna italiana*, 61. Calderini, Bologna, 68 pp
- Zhang, R. & G. [B.] Osella. 1995. *On the genus Hexarthrum of China with description of three new species (Coleoptera, Curculionidae, Cossoninae)*. *Fragmenta Entomologica*, 26(2): 411-418
- Osella [B.] G. & A. Andreotti. 1996. *Pseudostyphlus pilumnus (Gyllenhal, 1836): prima segnalazione per la fauna italiana (Coleoptera Curculionidae Notarinae)*. *Redia*, 79(1):11-25.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1996. *Gran Sasso d'Italia. Preliminare panoramica del popolamento significativo ad invertebrati (pp. 122-134)*. In: B. Ciccolani (ed.). *Monitoraggio biologico del Gran Sasso*. Andromeda editore, Colledara, 355 + [2] pp.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1996. *I Curculionoidea (Coleoptera) della Sardegna e delle isole circumsarde: preliminare analisi zoogeografica*. *Biogeographia*, 18[1995]: 507-522.
- Borovec, R. & G. Osella. 1996. *Una nuova specie di Trachyploeus Germar, 1817 della Liguria (Coleoptera, Curculionidae, Polydrusinae)*. *Doriana*, 6(296): 1-6.
- Colonnelli E., S. Louw & G. Osella (eds.). 1996. *Taxonomy, ecology and distribution of Curculionoidea (Coleoptera: Polyphaga). Proceedings of a Symposium (28 August, 1996, Florence, Italy)*. XX International Congress of Entomology. *Atti del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 294 pp.
- Riti, M. & G. Osella. 1996. *Ricerca sulla fauna della riserva naturale guidata "Sorgenti del Pescara" e zone limitrofe. III. Coleoptera Curculionoidea: ecologia e biodiversità*. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 14(2): 421-489.
- Osella, [B.] G., M. Biondi, C. Di Marco & M. Riti. 1997. *Ricerche sulla valle Peligna (Italia ventrale, Abruzzo)*. *Quaderni di provincia oggi*, L'Aquila 23: 515-536.
- Riti, M. & G. Osella. 1997. *Ricerche sulla valle Peligna (Italia centrale, Abruzzo)*. 27. *Coleoptera Curculionoidea (Insecta) (p. 515-536)*. In: [B.] G. Osella, M. Biondi, C. Di Marco and M. Riti (eds.). *Ricerche sulla valle Peligna (Italia centrale, Abruzzo)*. Amministrazione Provinciale, L'Aquila, Volume II, p. 425-814.
- Osella, [B.] G., E. Colonnelli & A. M. Zuppa. 1998. *Mediterranean Curculionoidea with Southern African affinities (Coleoptera) (pp. 221-265)*. In: E. Colonnelli, S. vdM. Louw & G. Osella (eds.). *Taxonomy, ecology and distribution of Curculionoidea (Coleoptera: Polyphaga)*. *Proceedings of a Symposium (28 August, 1996, Florence, Italy)*. XX International Congress of Entomology. *Atti del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 294 pp.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1998. *New and remarkable Curculionoidea from Macaronesia (Coleoptera). With 27 figures*. *Bocagiana*, (191): 1-12.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 1998. *Coleoptera Curculionoidea*. In: C. Juberthie & V. Decu (eds.) *Encyclopaedia Biospeleologica*. Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest, Tome II, pp. 1123-1130.
- Colonnelli, E. & [B.] G. Osella. 1998. *Host and refuge plants of weevils (Coleoptera: Curculionoidea) (pp. 191-216)*. In: E. Colonnelli, S. Louw and G. Osella (eds.). *Taxonomy, ecology and distribution of Curculionoidea (Coleoptera: Polyphaga). Proceedings of a Symposium (28 August, 1996, Florence, Italy)*. XX International Congress of Entomology. *Atti del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 294 pp.
- Colonnelli E., S. Louw and G. Osella (eds.). *Taxonomy, ecology and distribution of Curculionoidea (Coleoptera: Polyphaga). Proceedings of a Symposium (28 August, 1996, Florence, Italy)*. XX International Congress of Entomology. *Atti del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino, 294 pp.
- Dallai, R., B. A. Afzelius, P. Lupetti & G. Osella. 1998. *Sperm structure of some Curculionoidea and their relationship with Chrysomeloidea (pp. 27-50)*. In: E. Colonnelli, S. vdM. Louw & G. Osella (eds.). *Tax-*

- onomy, ecology and distribution of Curculionoidea (Coleoptera: Polyphaga). *Proceedings of a Symposium (28 August, 1996, Florence, Italy). XX International Congress of Entomology*. Atti del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, 294 pp.
- Di Marco, C. & G. Osella. 1998. *Otiorhynchus (Eunihus) praetutiorum n. sp. (Coleoptera, Curculionidae) from the Laga Massif in central Italy*. Italian Journal of Zoology, 65: 385-392.
- Di Marco, C. & G. Osella. 1998. *Gli Otiorhynchus Germar, 1824 dei Monti della Laga (Appennino centrale) (Coleoptera: Curculionidae). The Otiorhynchus Germar, 1824 of the Laga Mountains (Central Apennines) (Coleoptera: Curculionidae)*. In: E. Burri & M. Petitta (eds.). *Aree protette in Abruzzo. Contributi alla conoscenza naturalistica e ambientale*. Carsa Edizioni, Pescara, 225 [+ 1] pp. + 1 map.
- Zuppa, A. M. & G. Osella. 1999. *Revisione del genere Aparopion Hampe, 1861 (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale Verona, 23: 1-49.
- Di Giovanleonardo, A. & G. Osella. 2001. *Faunistica ed ecologia del popolamento ad Urodontidae, Anthribidae, Nemonychidae, Attelabidae ed Apionidae del Gran Sasso (Coleoptera, Curculionoidea) (pp. 55-106)*. In: B. Cicolani (ed.). *Monitoraggio biologico del Gran Sasso. Vol. 2°*. Andromeda Editrice, L'Aquila, 277 pp.
- Di Marco, C. & G. Osella. 2001. *Gli Otiorhynchus Germar, 1824 ed i generi ad esso strettamente affini: Dodecastichus Stierlin, 1861, Limatogaster Apfelbeck, 1898 e Cirottrhynchus [sic!] Apfelbeck, 1899 dell'Appennino abruzzese-molisano (Coleoptera, Curculionidae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona (II serie). Sezione Scienze della Vita, (15): 1-116.
- Morrone, J. J., G. Osella & A. M. Zuppa. 2001. *Distributional patterns of the relictual subfamily Raymondionyminae (Coleoptera: Eirrhinidae): a track analysis*. Folia Entomológica Mexicana, 40(3): 381-388.
- Osella, [B.] G., C. Di Marco, O. Marotta & A. M. Zuppa. 2002. *Praterie sommitali del Gran Sasso e popolamento a Coleotteri Curculionoidea (Insecta): caratteristiche generali*. Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, 35(361): 465-501.
- Osella, [B.] G. & O. Marotta. 2002. *Anthribidae (p. 97)*. In: F. Mason, P. Cerretti, A. Tagliapietra, M. C. D. Speight & M. Zapparoli (eds.). *Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, Primo contributo*. Conservazione Habitat Invertebrati 1. Arcari, Mantova, 176 pp.
- Osella, [B.] G. & O. Marotta. 2002. *Attelabidae (pp. 97-98)*. In: F. Mason, P. Cerretti, A. Tagliapietra, M. C. D. Speight & M. Zapparoli (eds.). *Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, Primo contributo*. Conservazione Habitat Invertebrati 1. Arcari, Mantova, 176 pp.
- Osella, [B.] G. & O. Marotta. 2002. *Apionidae (p. 98)*. In: F. Mason, P. Cerretti, A. Tagliapietra, M. C. D. Speight & M. Zapparoli (eds.). *Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana, Primo contributo*. Conservazione Habitat Invertebrati 1. Arcari, Mantova, 176 pp.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 2002. *Revisione del genere Acallorneuma Mainardi, 1906 (Coleoptera, Curculionidae, Cryptorhynchinae)*. Revue Suisse de Zoologie, 109(2): 433-467.
- Borovec, R. & G. Osella. 2002. *Two new species of Trachyploeus Germar, 1824 from Italy (Coleoptera Curculionidae)*. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria", 94: 303-312.
- Borovec, R., G. Osella & A. M. Zuppa. 2002. *Pseudapropion, new genus of Curculionidae from southern Caspic region (Coleoptera, Curculionoidea, Molytinae)*. Revue Suisse de Zoologie, 109(4): 869-877.
- Di Marco, C. & G. Osella. 2002. *Otiorhynchus radjai sp. n. from Vis Island (Dalmatia, Croatia), and description of a new subgenus of Otiorhynchus Germar (Coleoptera, Curculionidae)*. Italian Journal of Zoology, 69: 257-262.
- Di Marco, C., G. Osella & A. M. Zuppa. 2002. *Contributi alla conoscenza dei Coleoptera Curculionoidea delle piccole isole italiane con descrizione di Otiorhynchus (Arammichnus) poggii n. sp. dell'isola di Lampedusa (Sicilia, Pelagie) (IV contributo)*. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria", 94: 419-437.
- Marotta, O. & B. Osella. 2002. *Il Chiarino. Il popolamento entomologico*. In: A. Clementi and B. Osella (eds.). *Chiarino, rocce, piante, animali, uomini*. Le Orme, L'Aquila: 93-115.
- Osella, [B.] G., C. Di Marco & A. M. Zuppa. 2003. *Un nuovo Caulomorphus Faust, 1886 d'Anatolia (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae)*. Revue Suisse de Zoologie, 110(4): 685-693.
- Borovec, R. & G. Osella. 2003. *Two new species of Trachyploeus (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae: Trachyploeini) from Sardinia*. Klapalekiana, 39: 53-62.
- Colonnelli, E., G. Osella & M. Meregalli. 2003. *Bohemianus uroleucus (Boheman), a weevil driven out after one century of absconding (Coleoptera: Curculionidae)*. Koleopterologische Rundschau, 73: 299-311.
- Osella, [B.] G., A. M. Zuppa & A. Cantelmi. 2004. *Le comunità a Coleoptera Curculionoidea del Parco dei Nebrodi (Sicilia Nord Orientale)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica Zoologia, 28: 97-113.
- Marotta, O. & G. Osella. 2004. *Short notes. 12. Coleoptera Curculionoidea (Anthribidae, Apionidae, Curculionidae, Dryophthoridae, Rhynchitidae) (pp. 263-281)*. In: P. Cerretti, S. Handersen, F. Mason, G. Nardi, M. Tisato & M. Zapparoli (eds.). *Invertebrati di una foresta della Pianura Padana, Bosco della Fontana. Secondo*
- Osella, [B.] G., C. Di Marco, O. Marotta, & A. M. Zuppa. 2005. *Il popolamento di Curculionoidea del Gran Sasso. II. Urodontidae, Anthribidae, Nanophyidae,*

- Apionidae, Brachyceridae, Raymondionymidae, Curculionidae, Dryophthoridae, Scolytidae e Platypodidae (Coleoptera)*. Bollettino del Museo regionale di Scienze naturali, Torino, 23(1): 5-244.
- Osella, [B.] G., M. Biondi, C. Di Marco, L. Magnano & A. M. Zuppa. 2005. *Insecta Coleoptera Curculionidea (pp. 231-234)*. In: S. Ruffo & F. Stoch (eds). *Checklist e distribuzione della fauna italiana*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 1-307.
- Osella, [B.] G., C. Di Marco & A. M. Zuppa. 2005. *Biodiversità ed integrità ecosistemica: i coleotteri curculionoidi dell'Altopiano delle Rocche (pp. 113-123)*. In: G. Tamburini (ed.). *Altipiani. Modelli di monitoraggio e di pianificazione dei sistemi territoriali dell'Appennino Centrale*. Gangemi, Roma, 172 pp.
- Osella, [B.] G., A. M. Zuppa & C. Di Marco. 2005. *Il popolamento a coleotteri curculionoidi dell'Appennino: origine e biodiversità*. Gredleriana, 5: 217-226.
- Osella, [B.] G., A. M. Zuppa & F. Sabatini. 2005. *Pianura Padana e Prealpi: correlazioni faunistiche e zoogeografiche. L'esempio dei coleotteri curculionoidi*. Biogeographia, 26: 379-415.
- Silvani, T. & G. Osella. 2005. *Alcune componenti dell'entomofauna delle aree parasteppiche del Gran Sasso aquilano*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica, 81[2004]: 189-205.
- Osella, [B.] G., O. Marotta & T. Silvani. 2006. *Due nuovi Otiorhynchus (Lixorrhynchus) dell'Appennino laziale (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica Zoologia, 30: 71-75.
- Osella, [B.] G. & P. F. Whitehead. 2006. *The taxonomy and distribution of the European species of Haptoneris Faust, 1889 (Coleoptera: Curculionidae, Tanyrhynchinae)*. Entomologist's Gazette, 57: 165-180.
- Osella, [B.] G. & A. M. Zuppa. 2006. *Otiorhynchus (Podonebistus) gasparoi sp. n., un curculionide anoftalmo della Grecia (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae, Otiorhynchini)*. Revue suisse de Zoologie, 113(1): 67-75.
- Colonnelli, E., R. Casalini & G. Osella. 2006. *Note ecologiche e nomenclatoriali su Liparus mariai, endemita dell'Appennino centrale (Insecta, Coleoptera: Curculionidae)*. Aldrovandia, 2: 11-13.
- Meregalli, M. & G. Osella. 2006. *Raymondionymus eximius n. sp., a remarkable new species of endogeic weevil (Coleoptera, Curculionidae, Raymondionymidae)*. Deutsche Entomologische Zeitschrift, 53(1): 38-42.
- Meregalli, M., G. Osella & A. M. Zuppa. 2006. *The Raymondionymidae of the Curti collection, with description of Raymondionymus curtii n. sp. (Coleoptera, Curculionidae)*. Revue suisse de Zoologie, 113(1): 95-113.
- Meregalli, M. & G. Osella. 2007. *Dichotrachelus kahleni sp. n., a new weevil species from the Carnian Alps, north-eastern Italy (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae)*. Deutsche Entomologische Zeitschrift, 54(2): 169-177.
- Meregalli, M. & G. Osella. 2007. *Studies on Oriental Molytinae. IV. Anonyxmolytes lilliput new genus and new species from Vietnam (Coleoptera, Curculionidae)*. Italian Journal of Zoology, 74(4): 381-388.
- Osella, [B.] G. 2008. *Otiorhynchus (Ioniorhynchus?) vailatianus n. sp. (Coleoptera Curculionidae Entiminae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica Zoologia, 32: 87-90.
- Osella, [B.] G., 2008. *Nota scientifica. Otiorhynchus (Lixorrhynchus) sbordonianus Osella: nomen novum pro: Otiorhynchus (Lixorrhynchus) sbordonii Osella, Marotta e Silvani, 2006 (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, Botanica Zoologia, 32: 171.
- Bellò, C. & G. Osella. 2008. *Two new species of Howdeniella Osella (1980) from Ecuador (Coleoptera Curculionidae Cossoninae)*. Biodiversity of South America, I. Memoirs on Biodiversity, 1: 469-476.
- Borovec, R., G. Osella & M. Vicentini. 2008. *I Trachyploeus Germar, 1817 della fauna italiana: uno sguardo d'insieme (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica Zoologia, 32: 33-86.
- Caldara, R., E. Colonnelli & G. Osella. 2008. *Curculionidae Curculioninae: relationships between Mediterranean and southern African species (Coleoptera)*. Biogeographia, 29: 133-156.
- Magnano, L., G. Osella & P. Abbazzi. 2008. *Una nuova specie italiana di Mesagroicus Schoenherr, e ridefinizione delle specie paleartiche occidentali del genere (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 63[1/4]: 63-81.
- Borovec, R., E. Colonnelli & G. Osella. 2009. *On the South African genus Heisonyx (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae)*. Acta entomologica Musei nationalis Pragae, 49(2): 841-850.
- Caldara, R., E. Colonnelli & G. Osella. 2009. *On recently collected South African Tychiini and Meciniini, with description of seven new species (Coleoptera, Curculionidae)*. Fragmenta entomologica, 41(1): 129-167.
- Colonnelli, E. & [B.] G. Osella. 2009. *New data on some Curculionidae (Coleoptera: Anthribidae, Apionidae, Curculionidae) from Sardinia*. Zootaxa, (2318): 421-426.
- Osella, [B.] G. & C. Bellò. 2010. *Revisione di Minyops Schoenherr e Paraminyops nov. gen. (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae)*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Sezione Scienze della Vita, (2)19[2009]: 3-133.
- Osella, B. G., P. Hlaváč & M. Meregalli. 2011. *Raymondionymidae (pp. 198-200)*. In: I. Löbl & A. Smetana (eds). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 7. Curculionidae 1. Apollo*
- Bellò, C., G. Osella & E. Colonnelli. 2011. *On the genus Nesiotophasis Péringuey, with descriptions of four new species and new synonymies (Coleoptera, Curculionidae)*. Bollettino del Museo Civico di Storia

- Naturale di Verona, Botanica Zoologia, 35: 21-36.
- Colonnelli, E., B. G. Osella & P. Cornacchia. 2011. *Records of Curculionoidea from the region-owned forest of Marganai and other localities of central-southern Sardinia (Coleoptera: Anthribidae, Attelabidae, Rhynchitidae, Apionidae, Nanophyidae, Brachyceridae, Curculionidae, Raymondionymidae, Dryophthoridae)*. Conservazione Habitat Invertebrati, 5: 581-607.
- Caldara, R. & G. Osella. 2011. *Segnalazioni faunistiche italiane*. 525. *Sibinia hopffgarteni Tournier, 1874 (Coleoptera Curculionidae)*. Bollettino della Società entomologica italiana, 143(3): 140-141
- Baviera, C., C. Bellò & G. Osella. 2012. *First record of the genus Bordoniola Osella, 1987 in Ecuador with description of five new species (Coleoptera: Curculionidae, Raymondionyminae)*. Zootaxa, (3455): 69-80.
- Borovec, R., E. Colonnelli & G. Osella. 2014. *Revision of the South African genus Porpacus (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae: Embrithini)*. Revize jihoafrické rodu Porpacus (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae: Embrithini). Klapalekiana, 50: 7-4
- Bellò, C., G. Osella & C. Baviera. 2016. *A taxonomic revision of the genus Baldorhynchus (Di Marco & Osella, 2002) stat. n. (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae)*. Zootaxa, 4070(1): 1-101.
- Bellò, C., G. Osella & C. Baviera. 2017. *A taxonomic monograph of the genus Dodomeira Bellò & Baviera, a new genus of Peritelini from Sicily (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae)*. Zootaxa, 4334(1): 1-138.
- Bellò, C., G. Osella & C. Baviera. 2019. *A taxonomic monograph of the genus Solariola Flach, 1908 (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae)*. Zootaxa, 4676(1): 1-261.
- Forbicioni, L., P. Abbazzi, C. Bellò, E. Colonnelli & G. Osella. 2019. *The Curculionoidea of the Tuscan Archipelago, Italy (Coleoptera)*. In Bellò C. and Ruzzier E (eds), 2019. Biodiversity of the Mediterranean Basin, 1. Tuscan Archipelago (Coleoptera Curculionoidea). Memoirs on Biodiversity, WBA Project, Verona, 4: 71-281
- Bellò, C., E. Colonnelli, L. Forbicioni, G. Osella & E. Ruzzier. 2021. *A new genus and species of anophthalmous Otiorhynchini from Greece, with a new synonymy and new combinations (Coleoptera: Curculionidae, Entiminae)*. Zootaxa, 4938(1): 69-84.
- Bellò C., Caldara R., Colonnelli E., Dal Cortivo M., Forbicioni, L., Giusto C., Osella G. †, Pedroni G., Ruzzier E., Sacco F., Tedeschi M. 2023. *Weevils of Monte Grappa Biosphere Reserve, Italy (Coleoptera Curculionoidea)*. In Bellò C. and Ruzzier E (eds), 2023. Biodiversity of the Mediterranean Basin, II. Memoirs on Biodiversity, WBA Project, Verona, 5: 1-568



Fig. 11 – Le ricerche nel mondo.

NUOVI APPROCCI PER LA TECNICA DELL'INSETTO STERILE (SIT) IN PROGRAMMI DI LOTTA CONTRO *RHYNCHOPHORUS FERRUGINEUS*, *HALYOMORPHA HALYS* E *DROSOPHILA SUZUKII*

MASSIMO CRISTOFARO^a

^a Biotechnology and Biological Control Agency (BBCA), Roma, Italia. Email: m.cristofaro55@gmail.com
Lettura tenuta nella seduta pubblica del 17 febbraio 2024.

New approaches using Sterile Insect Technique for the suppression of Rhynchophorus ferrugineus, Halyomorpha halys and Drosophila suzukii.

Red palm weevil (RPW) *Rhynchophorus ferrugineus*, brown marmorated stink bug (BMSB) *Halyomorpha halys* and spotted wing drosophila (SWD) *Drosophila suzukii*, are 3 alien pest species highly invasive. They have in common the area of origin (East Asia) and a biological life cycle designed to make their control difficult to be achieved by using conventional chemical approaches. In this work we are proposing an integrated pest management strategy with new Sterile Insect Technique (SIT) approaches, based on: a) the use of mass trapping instead than mass rearing for the RPW; b) the synergism between SIT and biological control to produce "sterile SIT sentinel eggs" suitable for oviposition and larval survival of egg parasitoids of BMSB; c) reproductive interference produced by males of a different species to impact the demography of SWD.

KEY WORDS: Sterile Insect Technique; Pests; Biological Control; Egg Parasitoids; Sentinel Eggs.

STATO DELL'ARTE

La tecnica dell'insetto sterile (SIT) è una strategia autocida, che prevede il rilascio nell'ambiente di insetti adulti sterilizzati, generalmente maschi, che accoppiandosi con gli individui selvatici, causano un crollo della fertilità della popolazione della stessa specie (KNIPLING, 1955; FAO/IAEA/USDA, 2019). La sterilizzazione, ottenuta mediante radiazioni ionizzanti, utilizza principalmente raggi gamma e innesca mutazioni nello spermatozoo o nell'uovo che comportano l'incapacità di far sviluppare l'embrione (ROBINSON, 2005). La dose ottimale dovrebbe sterilizzare gli individui senza compromettere i tratti critici della loro biologia come la loro capacità di accoppiarsi.

Secondo LANCE E MCINNIS (2021), il successo dell'applicazione del SIT richiede:

- Lo stadio adulto non deve essere vettore di malattie o causa primaria di danno;
- Riproduzione anfiponica: la specie non deve essere partenogenetica;
- La possibilità di monitorare la popolazione;
- Un basso tasso di ricolonizzazione, ovvero le aree in cui si interviene debbono essere geograficamente o ecologicamente isolate;
- La capacità di allevare, sterilizzare e distribuire il numero di insetti che raggiungerà un rapporto sufficientemente alto di "overflowing" (insetti sterili: insetti selvatici) nel campo;
- possibilità di separare i maschi dalle femmine (riconoscimento morfologico o genetico);
- I maschi sterili devono essere in grado di competere e accoppiarsi con successo con le loro controparti selvatiche;

- Un'ottima conoscenza della biologia riproduttiva e del comportamento di corteggiamento e di accoppiamento della specie.

Tutti questi elementi, in previsione dell'impiego della SIT, devono essere considerati e possibilmente risolti in anticipo, in quanto influiscono sia sul possibile raggiungimento dei risultati, sia sui tempi e sui costi di gestione della tecnica stessa (KLASSEN, 2005).

Tra le varie tecnologie, la tecnica dell'insetto sterile è senz'altro quella più studiata e migliorata negli aspetti tecnici e gestionali, ed è la più applicata in approcci territoriali per il controllo di diverse specie d'interesse agrario e sanitario (HENDRICH, 2021; VREYSEN *et al.*, 2007). Nei casi in cui si sia ritenuto ecologicamente possibile eradicare una specie dannosa (focolai d'infestazione poco estesi e tempestivamente individuati), la tecnica dell'insetto sterile è stata finora la sola capace di raggiungere tale obiettivo (EARLY *et al.*, 2016; MYERS *et al.*, 2000).

NUOVI APPROCCI

Nell'ottica di utilizzare la strategia SIT in un contesto di integrazione nell'ambito un programma IPM, sono stati presi come esempio tre tipologie di invasioni alloctone, per l'esattezza: un coleottero (il punteruolo rosso *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier), un pentatomide (la cimice asiatica *Halyomorpha halys* Stål) e un dittero (il moscerino dei piccoli frutti *Drosophila suzukii* Matsuura). Per ciascuno di loro, il SIT è stato studiato e valutato con peculiarità diverse.

Ciascuno dei 3 organismi prescelti, aveva caratteristiche nella sua biologia che poco si adattavano alla

lista degli 8 prerequisiti presentati.

1. Per quanto riguarda *R. ferrugineus*, il problema più evidente era dato dalla difficoltà oggettiva di realizzare un allevamento massale in grado di produrre per un periodo prolungato un numero idoneo di maschi sterili, fisiologicamente competitivi nei confronti del maschio sano [punti e) e g) della lista dei prerequisiti]. Pertanto, la modalità di studio è stata definita: “allevamento massale o cattura massale?”
2. Per quanto riguarda il pentatomide *H. halys*, nell’ottica di valutare l’applicazione del SIT da solo o in combinazione con la lotta biologica, il punto cruciale tra i prerequisiti era quello a), riferito al fatto che la liberazione di parecchi adulti in grado di procurare un danno biotico sulle colture, potesse creare dei conflitti di interesse. La modalità di studio è stata definita: “SIT e/o controllo biologico?”
3. Per quanto riguarda l’ultima specie, il dittero *Drosophila suzukii*, si riscontrano 2 tipi di problemi: presenta sul nostro territorio una distribuzione ubiquitaria, che entra in conflitto con il punto d) dei prerequisiti. Inoltre, finora sono state trovate delle difficoltà a ottimizzare l’allevamento intensivo [punti f) e g)]. Pertanto, prendiamo in esame alcune modalità alternative, intitolando lo studio: “SIT confinato ed eterospecifico?”

1. *Rhynchophorus ferrugineus*: Allevamento Massale o Cattura Massale?

Il Punteruolo Rosso, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), è un coleottero curculionide della famiglia Dryophthoridae. È una specie aliena estremamente invasiva che, a partire dagli anni ’80, ha ampliato il suo areale di distribuzione dal Sud Est asiatico, suo areale originario, al Medio Oriente e, successivamente, al Bacino del Mediterraneo, Australia, Cina, Giappone, California e più recentemente ai Caraibi (THOMAS, 2010).

Sin dall’inizio, l’invasione di *R. ferrugineus* nel Mediterraneo ha fatto sì che si creassero le condizioni per un cambiamento importante nel suo ciclo biologico: nel nuovo areale ha individuato come sua pianta ospite di eccellenza la palma delle Canarie, *Phoenix canariensis* Chabaud, una specie di grandi dimensioni che permette al curculionide di moltiplicarsi al suo interno raggiungendo numeri impressionanti (centinaia di individui). Queste caratteristiche comportamentali e biologiche rendono il punteruolo rosso difficile da gestire con metodi convenzionali come l’uso di insetticidi: infatti, sebbene siano stati individuati pesticidi efficaci (DEMBILIO & JACAS, 2011), non è tuttavia semplice raggiungere gli insetti target all’interno della pianta con i prodotti prescelti; inoltre, presentando effetti dannosi alla salute umana, hanno severe restrizioni per la loro applicazione in aree urbane.

Nell’ambito della realizzazione di un programma territoriale del tipo *Area-Wide* per gestire in un modo efficace *R. ferrugineus*, è stata valutata la fattibilità di un approccio SIT.

Studi precedenti avevano già messo in luce gli effetti

dell’irraggiamento mediante raggi gamma sulla longevità e sulla fertilità dello sperma dei maschi irraggiati (sia neo-sfarfallati che irraggiati da adulti maturi (raccolti in campo con le trappole a feromone), permettendo di selezionare l’irraggiamento a 60 e 80Gy come quelli più efficaci in termini di totale sterilità dello sperma e di sopravvivenza (15 giorni dall’irraggiamento) (CRISTOFARO *et al.*, 2011). Successivi studi avevano inoltre messo in evidenza un meccanismo di “*last mating male sperm precedence*”, ovvero della capacità della femmina di utilizzare unicamente lo sperma dell’ultimo maschio con cui si è accoppiata, indipendentemente dal numero dei rapporti precedenti (MUSMECI *et al.*, 2018), primi dati scientifici a favore di una possibile applicazione di un programma SIT per il controllo di *R. ferrugineus*.

Tuttavia, la lunghezza del ciclo biologico larvale del punteruolo rosso, la grande mortalità durante l’impupamento registrata in condizioni di laboratorio e la difficoltà di mettere a punto una dieta per lo sviluppo larvale idonea, si ponevano come ostacoli insormontabili per la realizzazione di un programma SIT territoriale di tipo classico.

Riconsiderando il tutto, ci si è chiesto se si potesse utilizzare proprio l’enorme capacità riproduttiva espressa dal punteruolo rosso nel Mediterraneo e il suo comportamento gregario, come strumento per realizzare un programma SIT basato sulla cattura massale in alternativa all’allevamento massale.

Lo scopo di questa review è stato quello di verificare se maschi adulti catturati in campo (mediante l’uso di trappole innescate con il feromone di aggregazione) e successivamente irraggiati, fossero in grado di competere sessualmente con maschi fertili (raccolti nelle stesse trappole), valutando le differenze nel comportamento sessuale (in particolare durata e frequenza degli accoppiamenti) sia in condizioni *No-Choice* che in condizioni di *Choice*.

MATERIALI E METODI

Seguendo un protocollo usato precedentemente (INGHILESI *et al.*, 2015; MUSMECI *et al.*, 2018), gli adulti selvatici di *R. ferrugineus* sono stati raccolti vicino Palermo e sull’isola di Pantelleria tra novembre 2020 e agosto 2022, utilizzando Rhyncho-Trap® innescate con il feromone di aggregazione Ferrugineol e acetate di etile.

L’allevamento consisteva nel posizionare gli adulti raccolti in campo, tenendo separati i maschi dalle femmine, all’interno di terrari di plexiglass trasparente (35x20x30 cm), alimentandoli con una dieta a base di mele Golden delicious, posizionate su un substrato di fibra di cocco. Sono stati realizzati due tipi di biosaggi comportamentali, confinando gli adulti in contenitori cilindrici di vetro trasparente da 500 ml, ricoperti da uno strato di organza:

4. *No choice*: femmina sana con maschio irraggiato (60 o 80 Gy) (il controllo consisteva in una coppia non irraggiata)
5. *Choice*: femmina sana con un maschio irraggiato (60 o 80 Gy) e un maschio sano (il controllo consisteva nel confinare una femmina con 2 maschi, tutti sani). Per ogni combinazione sono state effettuate 15 repli-

che. I maschi nelle condizioni di *choice*, sono stati marcati con coloranti atossici (Benecos) di colore diverso per poterli distinguere.

Per valutare se le performance nell'accoppiamento rimanessero costanti nel tempo, le osservazioni sono state ripetute a intervalli regolari nel tempo (3, 6, 9, 12 giorni dall'irraggiamento).

Durante i biosaggi, le osservazioni venivano fatte ogni minuto per 4 ore, dalle 11:00 alle 15:00, considerata la fase giornaliera con la maggiore attività sessuale (MAZZA *et al.*, 2016).

Sono stati registrati i seguenti dati comportamentali:

-) L'intervallo da T0 (il momento in cui gli adulti sono stati messi nei contenitori) all'inizio del primo accoppiamento;
-) La durata di ogni accoppiamento;
-) Il numero totale di accoppiamenti nelle 4 ore di ciascun biosaggio.

RISULTATI E DISCUSSIONE

No-Choice. Nelle prove *no-choice* è risultato evidente che l'irraggiamento avesse un effetto significativo sulle

frequenze degli accoppiamenti (Fig.1). In particolare, si è notato una frequenza maggiore nel numero degli accoppiamenti quando il maschio era irraggiato (in particolare quando era irraggiato a 60Gy) (Fig. 1a). Per quanto riguarda la frequenza giornaliera degli accoppiamenti, sia nel controllo che negli irraggiati si notava una decrescita del numero di accoppiamenti dall'inizio del biosaggio alla 4a ora (Fig. 1b).

Per quanto riguarda la durata dell'accoppiamento, invece non sono state registrate differenze significative tra gli individui sani e quelli irraggiati.

Anche per quanto riguarda il tempo che intercorre dall'inizio dell'esperimento al primo accoppiamento, non sono state riscontrate differenze significative rispetto al controllo, sia se il dato viene considerato nella sua totalità (Fig 2a) sia quando viene distribuito nei 4 giorni di osservazione (Fig. 2b).

Choice. Nelle condizioni di scelta, la quantità di tempo passata ad accoppiarsi è stata maggiore per gli individui irraggiati (ad entrambe le dosi) rispetto a quelli non irraggiati. Tale dato è valido sia in funzione della data (Fig. 3) che in funzione dell'ora giornaliera (Fig. 4).

Anche in condizioni di scelta, non sono state rison-

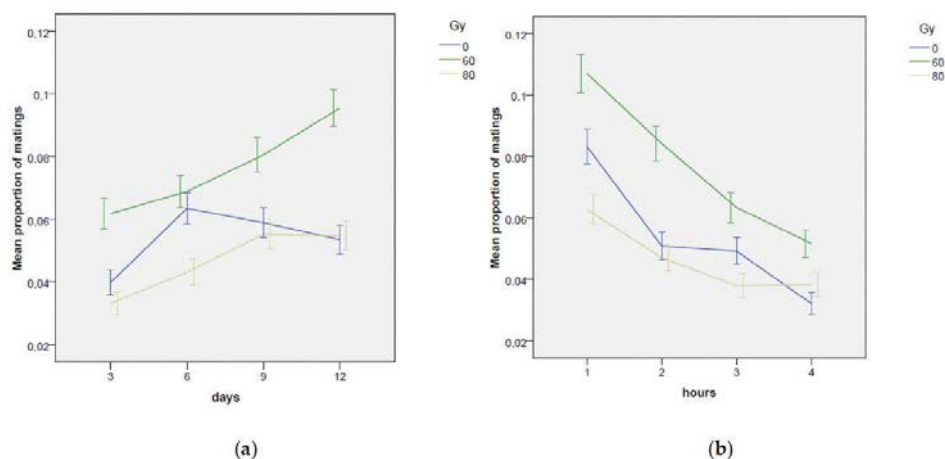


Fig. 1 - Frequenza degli accoppiamenti nel tempo in condizioni *no-choice* (da: Cristofaro *et al.*, 2023)

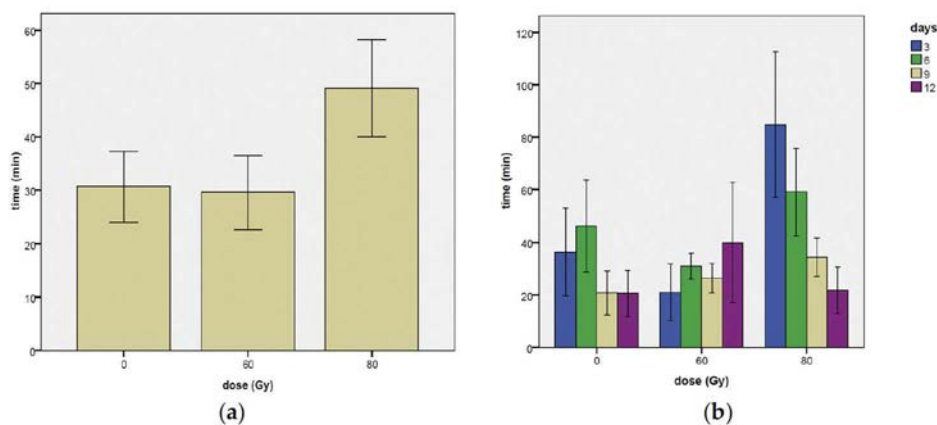


Fig. 2 - Tempo intercorso dall'inizio della prova al primo accoppiamento in condizioni *no-choice*, nella totalità (a) o distribuito nei 4 giorni dell'osservazione (b). (da: Cristofaro *et al.*, 2023)

trate differenze significative nella durata media dell'accoppiamento tra i maschi sani e quelli irraggiati.

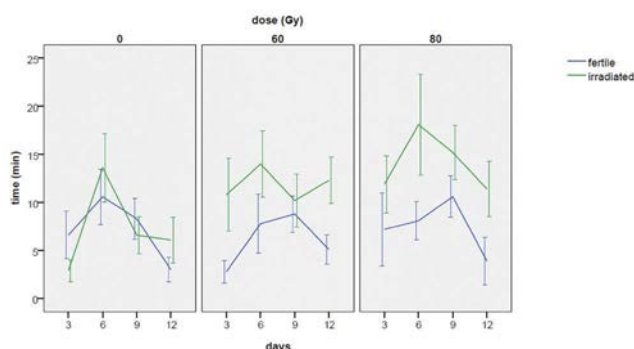


Fig. 3 - Differenze nel tempo medio (minuti) trascorso ad accoppiarsi nelle 4 date, tra maschi sani e irraggiati in condizioni di scelta (da: Cristofaro *et al.*, 2023).

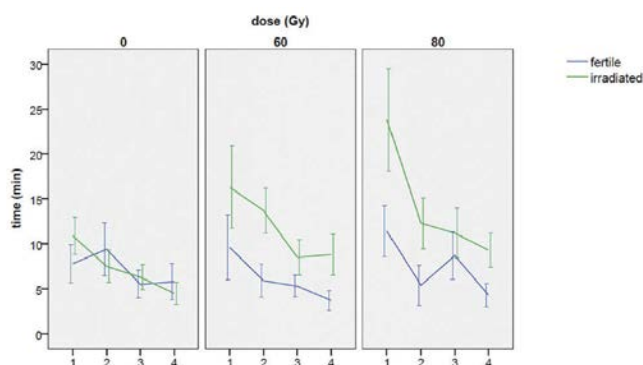


Fig. 4 - Differenze nel tempo medio (minuti) trascorso ad accoppiarsi nelle 4 ore del giorno, tra maschi sani e irraggiati in condizioni di scelta (da: Cristofaro *et al.*, 2023).

Per quanto riguarda invece il tempo intercorso tra l'inizio dell'esperimento e la prima copula, in condizioni di scelta c'è una notevole diminuzione dell'intervallo di tempo per accoppiarsi per quanto riguarda il maschio irraggiato a 80Gy, mentre quello a 60Gy non si è differenziato statisticamente dal controllo (Fig. 5b).

In conclusione, i maschi di *R. ferrugineus* irraggiati a 80 Gy hanno mostrato di essere più competitivi dei

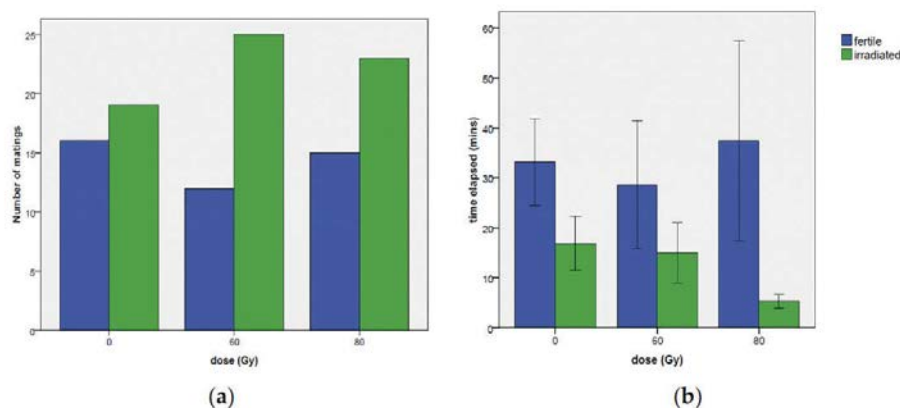


Fig. 5 - Differenze nel: (a) numero di accoppiamenti, e (b) nel tempo intercorso dall'inizio dell'esperimento al primo accoppiamento, tra maschi sani e irraggiati in condizioni di scelta (da: Cristofaro *et al.*, 2023).

maschi fertili per quanto riguarda il numero di accoppiamenti e il tempo impiegato ad iniziare il primo accoppiamento: questo risultato da un'ulteriore conferma alla fattibilità di un programma SIT, basato sulla cattura e successivo rilascio di maschi *wild-type* sterilizzati e marcati (Cristofaro *et al.*, 2023).

2. *Halyomorpha halys*: SIT e/o Controllo Biologico?

La cimice asiatica (BMSB), *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), è una specie fitofaga invasiva originaria dell'Asia orientale (LEE *et al.*, 2013). A causa della sua ampia gamma di piante ospiti, è considerata una delle specie alloctone più dannose nelle aree agricole dell'Europa, e dell'America del Nord e del Sud (LESKEY *et al.*, 2018). La gestione attuale di questa specie si basa principalmente sull'uso di insetticidi chimici, che mostrano efficacia quando applicati frequentemente, con conseguente impatto negativo sugli insetti benefici negli agroecosistemi. Una valida alternativa è data dal controllo biologico, ovvero dall'individuazione nella zona di origine di agenti di controllo: una particolare attenzione viene data ai parassitoidi oofagi, ovvero piccole vespe in grado di ovideporre e completare il ciclo vitale all'interno dell'uovo dell'emittero. Tra questi, una delle specie più interessanti è *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae), che sta già mostrando risultati promettenti a medio e lungo termine (CONTI *et al.*, 2021).

Nel contesto delle alternative a bassa tossicità, l'uso della Tecnica dell'Insetto Sterile (SIT) in un approccio di gestione Area-Wide potrebbe essere una strategia valida da includere nei programmi di controllo integrato ed eradicazione, in casi di focolai d'infestazione poco estesi e soprattutto tempestivamente individuati.

L'obiettivo principale di questa ricerca è stato quello di combinare il parassitoide oofago *T. japonicus* con il SIT, per creare una nuova tipologia di uova-sentinella, che potrebbe essere definita "uova-sentinella-SIT". L'esperimento che viene presentato è proprio basato sulla valutazione dell'idoneità delle uova sterili di *H. halys* come substrato di oviposizione per *T. japonicus*, confrontando lo sfarfallamento da uova irradiate, uova ottenute da femmine fertili accoppiate con maschi sterili, e (come controllo) uova refrigerate di cimice asiatica, attualmente utilizzate per la riproduzione del parassitoide in laboratorio e il suo monitoraggio sul campo (ROSELLI *et al.*, 2023).

MATERIALI E METODI

La colonia di *H. halys* proviene da adulti raccolti con le trappole a feromone di nuova concezione (SUCKLING *et al.*, 2019) raccolti nelle vicinanze di Roma. L'allevamento è stato mantenuto in gabbie entomolo-

giche (Bugdorm® 30x30x60 cm) all'interno di celle climatiche presso il Centro ENEA Casaccia, mantenendo una densità di popolazione di circa 50-70 individui per gabbia, nutriti sia con frutta secca che con ortaggi freschi. Presso le strutture della Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN), è stato anche allestito l'allevamento del parassitoide oofago *T. japonicus*, mantenendolo in fiale di plastica trasparente da 50ml, all'interno di celle climatiche con condizioni controllate di temperatura e umidità (24 ± 1 °C; L:D = 16:8; RH: 60 ± 5%).

Le ovature di *H. halys* sono state ottenute in tre modi diversi:

- Irradiando uova fresche di cimice asiatica (24 h) ad una dose di 40Gy di raggi gamma (Uova Irradiate);
- Accoppiando maschi sterili (irraggiati a 50 Gy) con femmine fertili (uova SIT);
- Refrigerando uova fresche di cimice asiatica a 8°C per almeno 14 giorni (Controllo).

Le 3 tipologie di ovatura sono state posizionate singolarmente su un cartoncino inserito in una fiala di plastica trasparente di 50 ml di volume. Successivamente sono state esposte per 24 h ad una femmina ovideponente di *T. japonicus* (di 2 settimane di età), in modo scaglionato: ovature di 1, 4, 7, 10, 15 e 20 giorni (30 repliche).

La valutazione della idoneità del substrato di ovideposizione si è basata sui seguenti parametri:

- La percentuale di *T. japonicus* emersi dalle uova di cimice asiatica;
- la sex-ratio dei parassitoidi;
- la fecondità delle femmine di parassitoide a 0 e 12 giorni dalla loro emergenza.
- Il peso secco delle femmine (F1);
- la longevità delle femmine di parassitoide emerse.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati della ricerca sono incoraggianti per le applicazioni del SIT nell'approccio IPM.

-) Le uova sterili ottenute accoppiando maschi sterili irradiati e femmine fertili (uova SIT) hanno mostrato un tasso di emergenza del parassitoide (%) superiore rispetto a quelle irradiate direttamente e refrigerate. La differenza nel tasso di emergenza è ancora più evidente quando le uova hanno 20 giorni (vedi Fig. 6);

-) la sex-ratio (% di femmine sul totale di *T. japonicus* sfarfallati) ha visto una maggiore emergenza di femmine dalle uova di cimice SIT (almeno nella fase iniziale) (vedi Tabella 1);

-) la fecondità (n. di uova negli ovari) delle femmine di *T. japonicus* appena sfarfallate non presentava differenze significative tra le tre tesi (uova irraggiate, refrigerate e SIT) e le diverse età; quando invece l'osservazione veniva fatta a 12 giorni dallo sfarfallamento, la fecondità delle femmine di parassitoide sfarfallate da uova SIT era significativamente maggiore (Tab. 1);

-) il peso secco delle femmine di *T. japonicus* emerse da uova di cimice asiatica SIT presentava un valore costante indipendentemente dall'età dell'uovo ospite (Tab. 1);

-) il valore della longevità delle femmine di *T. japonicus* non ha mostrato grandi differenze significative, anche se le femmine di parassitoide emergenti da uova refrigerate erano meno longeve delle altre (Tab. 1).

In conclusione: 1) le uova sterili ottenute accoppiando maschi sterili e femmine fertili sono un valido substrato per l'ovideposizione di *T. japonicus*, supportando l'idea di utilizzare delle uova "sentinella SIT" per la selezione e il censimento di parassitoidi oofagi; 2) un approccio integrato che abbia

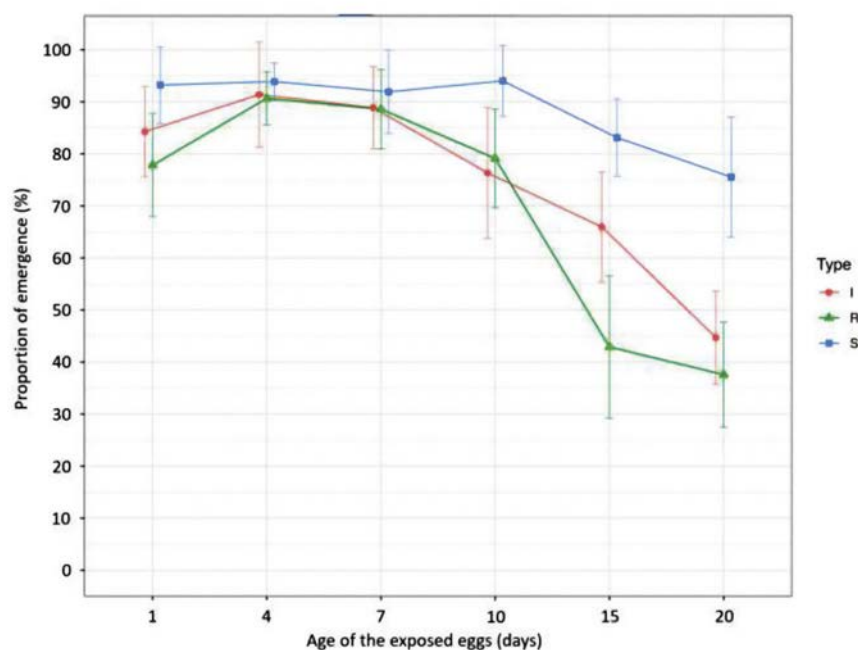


Fig 6 - Differenza nelle percentuali di sfarfallamento di *T. japonicus* dalle 3 tipologie di uova (irraggiate [I], refrigerate [R] e SIT [S]) di *H. halys*, esposte a differenti età (da: Roselli *et al.*, 2023)

Parameter	Age (days)	H	df	p-Value	Irradiated	Refrigerated	SIT
					Mean $\pm$ sd ¹	Mean $\pm$ sd ¹	Mean $\pm$ sd ¹
Proportion of emergence	1	17.591	2	<0.001	84.28 $\pm$ 27.9 b	77.85 $\pm$ 27 c	93.23 $\pm$ 20.12 a
	4	4.464	2	0.107	91.39 $\pm$ 25.49	90.66 $\pm$ 14.58	93.90 $\pm$ 9.45
	7	5.777	2	0.056	88.86 $\pm$ 21.23	88.58 $\pm$ 20.84	91.93 $\pm$ 23.4
	10	15.244	2	<0.001	76.36 $\pm$ 34.38 b	79.13 $\pm$ 27.51 b	94.03 $\pm$ 18.23 a
	15	19.226	2	<0.001	65.96 $\pm$ 32.1 b	42.9 $\pm$ 35.9 c	83.12 $\pm$ 19.82 a
	20	25.284	2	<0.001	44.68 $\pm$ 24.9 b	37.57 $\pm$ 27.49 b	75.56 $\pm$ 30.25 a
Sex ratio	1	13.791	2	0.001	81.66 $\pm$ 24.06 b	78.48 $\pm$ 18.15 c	88.34 $\pm$ 19.95 a
	4	2.460	2	0.292	84.20 $\pm$ 25.95	81.45 $\pm$ 25.15	89.25 $\pm$ 10.45
	7	7.664	2	0.022	84.11 $\pm$ 20.44	84.15 $\pm$ 17.19	87.61 $\pm$ 22.79
	10	19.095	2	<0.001	61.79 $\pm$ 38.59 c	73.82 $\pm$ 26.47 b	91.95 $\pm$ 5.28 a
	15	4.210	2	0.122	60.37 $\pm$ 31.42 b	53.85 $\pm$ 28.8 b	68.56 $\pm$ 32.45 a
	20	24.839	2	<0.001	40.55 $\pm$ 21.95 b	39.67 $\pm$ 23.26 b	73.45 $\pm$ 26.61 a
Fecundity—0 days	1	3.748	2	0.154	28.82 $\pm$ 4.19	26.14 $\pm$ 1.66	26.58 $\pm$ 3.36
	4	1.851	2	0.396	27.7 $\pm$ 2.99	26.31 $\pm$ 2.92	27.12 $\pm$ 3.60
	7	7.726	2	0.021	23.5 $\pm$ 5.43 b	28.95 $\pm$ 3.33 a	28.15 $\pm$ 3.52 a
	10	3.520	2	0.172	28.5 $\pm$ 3.03	26.48 $\pm$ 3.65	28.78 $\pm$ 2.97
	15	12.207	2	0.002	23.59 $\pm$ 4.58 b	26.36 $\pm$ 1.96 ab	28.35 $\pm$ 2.31 a
	20	24.363	2	<0.001	22.43 $\pm$ 1.79 b	27.47 $\pm$ 2.07 a	26.75 $\pm$ 2.63 a
Fecundity—12 days	1	2.283	2	0.319	53.78 $\pm$ 3.38	55.78 $\pm$ 3.28	55.21 $\pm$ 4.24
	4	2.556	2	0.279	53.89 $\pm$ 4.19 b	56.33 $\pm$ 3.2 a	55.96 $\pm$ 4.28 ab
	7	16.595	2	<0.001	49.5 $\pm$ 3.67 b	53.63 $\pm$ 3.52 b	56.29 $\pm$ 3.11 a
	10	2.492	2	0.288	53.06 $\pm$ 3.25	52.78 $\pm$ 3.08	55 $\pm$ 4.22
	15	17.751	2	<0.001	49 $\pm$ 3.14 b	53.75 $\pm$ 3.72 a	56.63 $\pm$ 3.89 a
	20	5.646	2	0.059	50.83 $\pm$ 1.8 ab	46.53 $\pm$ 8.64 b	53.25 $\pm$ 3.05 a
Dry weight	1	7.499	2	0.024	116.57 $\pm$ 11.98 a	108 $\pm$ 5.87 b	115.98 $\pm$ 8.04 a
	4	10.717	2	0.005	107.59 $\pm$ 5.65 b	113.41 $\pm$ 6.22 a	112.65 $\pm$ 8.96 a
	7	14.239	2	0.001	107.87 $\pm$ 7.57 b	111.65 $\pm$ 4.51 ab	115.68 $\pm$ 5.89 a
	10	7.715	2	0.021	108.54 $\pm$ 7.56 ab	107.26 $\pm$ 9.6 b	113.6 $\pm$ 8.12 a
	15	21.866	2	<0.001	101.57 $\pm$ 7.77 b	115.25 $\pm$ 13.13 a	112.12 $\pm$ 7.85 a
	20	14.879	2	0.001	104.57 $\pm$ 8.65 b	106.51 $\pm$ 4.83 b	112.64 $\pm$ 5.23 a
Longevity	1	2.898	2	0.235	115.75 $\pm$ 44.54	93.41 $\pm$ 55.16	106.2 $\pm$ 44.26
	4	1.504	2	0.471	109 $\pm$ 48.67	97.84 $\pm$ 39.43	96.21 $\pm$ 43.19
	7	6.399	2	0.041	133.64 $\pm$ 36.1 a	121.67 $\pm$ 39.51 ab	105.5 $\pm$ 49.97 b
	10	1.539	2	0.463	107.67 $\pm$ 53.8	107.35 $\pm$ 34.85	116.24 $\pm$ 40.19
	15	4.877	2	0.087	104.9 $\pm$ 39.58	74.58 $\pm$ 50.52	101.65 $\pm$ 39.3
	20	11.127	2	0.004	120.46 $\pm$ 41.53 a	78.9 $\pm$ 45.54 b	103.22 $\pm$ 43.8 ab

¹ Different letters indicate significant differences in the same row.

Tabella 1 - Confronto tra differenti parametri biologici relativi allo sfarfallamento di *T. japonicus* da 3 tipologie di uova di *H. halis* a 6 diverse età (da: ROSELLI *et al.*, 2023)

come punti focali la sinergica combinazione della tecnica dell'insetto sterile (SIT) e del controllo biologico con i parassitoidi oofagi potrebbe avere un maggior successo nella soppressione di *H. halys*.

3. *Drosophila suzukii*: SIT Confinato ed Eterospecifico?

Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae) è una specie endemica delle zone temperate dell'Asia orientale che dal 2008 ha rapidamente invaso la costa orientale degli Stati Uniti, il Canada e la maggior parte dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo. È ad oggi un grave problema per la produzione agricola a causa dei gravi danni che arreca alle coltivazioni di piccoli frutti quali mirtillo, more, lamponi, fragole, ciliegie (CINI *et al.*, 2012).

Il controllo di *D. suzukii* si basa principalmente sull'applicazione di insetticidi a largo spettro d'azione e sull'uso di parassitoidi. Diversi studi sono in atto sulla possibile applicazione del SIT, e i risultati attualmente disponibili sono a favore della fattibilità di questo approccio (SASSÙ *et al.*, 2019). Inoltre, a causa della distribuzione di tale specie e del suo conseguente impatto sulle colture, nel 2017 è stato avviato il Programma di ricerca FAO-IAEA D43003 per promuovere lo sviluppo e l'implementazione del SIT per l'integrazione con altre strategie di controllo biologico nella gestione di tale specie in ambiente di serra. Tuttavia, la realizzazione di allevamenti massali per la produzione

di *D. suzukii* sterili ha incontrato alcune difficoltà legate alla dose di irraggiamento, generalmente molto elevata (più di 200 Gy) e al fatto che, a tutt'oggi, non si è ancora trovata la possibilità di sessare maschi e femmine a stadi pre-immaginali (SASSÙ *et al.*, 2019).

Osservazioni di laboratorio hanno messo in evidenza un interessante comportamento di competizione tra gli adulti di *D. suzukii* e l'autoctona *D. melanogaster* Meigen (CERASTI *et al.*, 2023). Lo studio ha messo in mostra una interferenza riproduttiva eterospecifica tra maschi di *D. melanogaster* e femmine di *D. suzukii* in condizioni confinate di laboratorio: infatti i maschi di *D. melanogaster*, non solo si accoppiavano con successo con le femmine di *D. suzukii*, ma erano in grado di inseminarle (senza produzione di prole), interferendo negativamente con il corteggiamento e successivo accoppiamento dei maschi di *D. suzukii* (CERASTI *et al.*, 2023).

L'obiettivo del presente studio è stato quello di analizzare il grado di interferenza eterospecifica tra gli adulti di *D. suzukii* e il maschio irraggiato di *D. melanogaster*, per valutarne il possibile utilizzo in un contesto di una applicazione SIT eterospecifica in condizioni confinate (serre per la coltivazione dei piccoli frutti).

MATERIALI E METODI

Le colonie di *D. suzukii* e di *D. melanogaster* provenivano da allevamenti di laboratorio presso l'Università

di Roma La Sapienza. Entrambe le specie sono state allevate sullo stesso substrato artificiale (SILVA-SOARES *et al.*, 2017).

Sono stati valutati gli effetti dell'irraggiamento sulla performance sessuale dei maschi di *D. melanogaster*. Si è studiato se il maschio di *D. melanogaster* irraggiato a 80 Gy (dose individuata come la più valida) fosse competitivo nei confronti del maschio di *D. suzukii* nelle fasi del corteggiamento e successivo accoppiamento mediante 2 biosaggi, entrambi condotti all'interno di fiale di plastica Falcon trasparenti di 15 ml:

- il primo metteva a confronto il tempo passato nel corteggiamento dei maschi delle 2 specie in condizioni di *no-choice* (un maschio di una delle 2 specie, confinato con la femmina di *D. suzukii*);
- il secondo realizzato in condizioni di *choice* (un maschio per ciascuna delle 2 specie, confinati con la femmina di *D. suzukii*). Per ciascun biosaggio sono state condotte 20 repliche.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Le osservazioni sulla competizione sessuale dei maschi di *D. melanogaster* irraggiati a 80 Gy nei confronti di *D. suzukii*, hanno messo in evidenza che in condizioni di non-scelta il tempo trascorso dal maschio irraggiato di *D. melanogaster* a corteggiare la femmina di *D. suzukii* non era differente dal punto di vista statistico da quello utilizzato dal maschio di *D. suzukii* (Fig 7a). Invece, in condizioni di scelta, ovvero quando entrambi i maschi erano presenti, il tempo dedicato al corteggiamento da parte del maschio di *D. melanogaster* a corteggiare la femmina di *D. suzukii* era significativamente superiore a quello del maschio omospecifico (Fig. 7b): In particolare, i risultati del biosaggio in condizioni di scelta, indicano indiscutibilmente che la presenza del maschio di *D. melanogaster* ha un'interferenza negativa sulla performance nel corteggiamento del maschio di *D. suzukii*.

Pertanto, a valle dei risultati promettenti presentati,

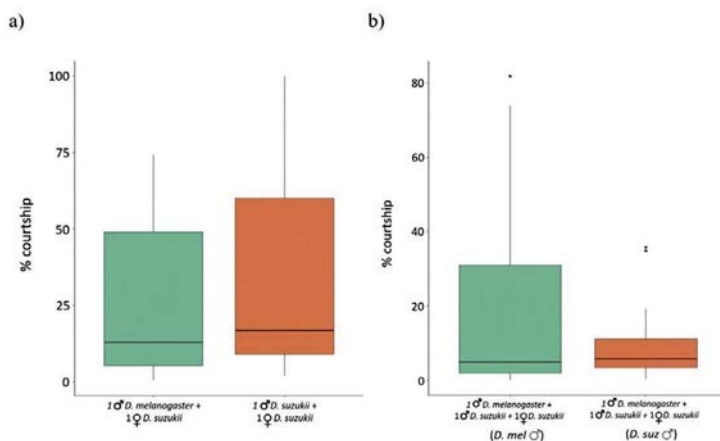


Fig 7 - Percentuale di tempo passato dal maschio irraggiato di *D. melanogaster* (barre verdi) e dal maschio fertile di *D. suzukii* (barre arancioni) a corteggiare la femmina di *D. suzukii*, in condizioni di non scelta (a) e di scelta (b) (da: Cerasti *et al.*, 2024).

l'utilizzo di maschi sterili di *D. melanogaster* per sopprimere una infestazione di *D. suzukii* in condizioni confinate è da considerare fattibile: oltre all'interferenza riproduttiva, la facilità di allevare e irraggiare solo maschi di *D. melanogaster* secondo protocolli scientifici standard, indicano che per *D. suzukii* un programma SIT eterospecifico può essere considerata una via percorribile e con maggiori possibilità di successo (Cerasti *et al.*, 2024).

4. Conclusioni

La tecnica dell'insetto sterile è una strategia che, nei suoi 70 anni di applicazioni, ha avuto una enorme importanza nella realizzazione di grandi progetti territoriali definiti Area-Wide (Hendrichs, 2021). In questo lavoro di review vengono invece presentati 3 esempi di possibili applicazioni del SIT in contesti diversi, che pur non essendo in sintonia con le linee guida proposte dall'IAEA, LANCE e McINNIS (2021), suggeriscono nuove strategie per la realizzazione sostenibile di programmi SIT su scala ridotta e in sinergia con programmi di lotta biologica.

Nel caso di *R. ferrugineus*, si è voluto sfruttare proprio le sue caratteristiche che lo rendono una formidabile specie invasiva (il comportamento gregario e la sua grande capacità riproduttiva), e utilizzare la cattura massale per ridurre la pressione demografica, eliminando le femmine catturate e rilasciando i maschi (marcati) dopo averli resi sterili mediante l'irraggiamento. La valenza aggiuntiva, che ha permesso di immaginare un programma di questo tipo, è data dalla performance sessuale del maschio irraggiato a 80 Gy, molto più competitivo del maschio sano.

Sempre sfruttando il comportamento gregario (e il feromone di aggregazione), si è ipotizzato di integrare con un programma SIT la lotta biologica per sopprimere un'altra specie dannosa e invasiva, *H. halys*. In questo caso, dato che non è possibile l'applicazione del SIT sul territorio (a causa del danno alimentare degli adulti), si può ipotizzare di utilizzare l'allevamento per produrre uova SIT (da maschio irraggiato accoppiato con femmina fertile): queste ovature di "lunga vita" (fino a 3 settimane) distribuite sul territorio potranno essere un sistema per individuare e monitorare in condizioni naturali le specie antagoniste di parassitoidi oofagi associate alla specie invasiva.

Infine, l'ultimo esempio mette in rilievo come un'altra specie dello stesso genere potrebbe (in condizioni confinate, come ad esempio le serre per la produzioni di mirtilli, fragole o lamponi) avere una maggiore applicabilità della specie bersaglio: in questo caso, la *D. melanogaster*, forse la specie di dittero più studiata al mondo, potrebbe essere una alternativa più sostenibile e più fattibile per produrre e distribuire a basso costo grandi numeri di pupe irraggiate di maschi di *D. melanogaster* da rilasciare nelle serre per controllare e sopprimere le infestazioni di *D. suzukii*.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Chiara Fornari, studentessa dell'Università La Sapienza di Roma, e la Dr.ssa Flaminia Mariani, Department of Entomology, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA, USA, per il loro contributo sul punteruolo rosso; il Prof. Gianfranco Anfora e il Dr. Gerardo Roselli (Università di Trento), il Dr. Claudio Ioriatti e il Dr. Valerio Mazzoni (Fondazione Edmund Mach, S. Michele all'Adige), il Dr. Sergio Musmeci e il Dr. Raffaele Sasso (Enea Casaccia, Roma) per il loro contributo sulla cimice asiatica; il Prof. Daniele Porretta e la dottoranda Flavia Cerasti (Università di Roma La Sapienza) per il loro contributo su *Drosophila suzukii*; la Dr.ssa Alessia Cemmi e la Dr.ssa Ilaria Disarcina (Centro Calliope, ENEA Casaccia, Roma) per il loro contributo scientifico nelle prove di irraggiamento. Infine si ringraziano Francesca Di Cristina e Silvia Barlattani (BBCA onlus), per il loro supporto tecnico in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- CERASTI F., MASTRANTONI V., DALLAI R., CRISTOFARO M., PORRETTA D., 2023 - *Applying Satyrization to Insect Pest Control: the Case of the Spotted Wing Drosophila*, *Drosophila suzukii* Matsumura. - *Insects*, 14: 569
- CERASTI F., CRISTOFARO M., MASTRANTONIO V., SCIFO J., VERNA A., CANESTRELLI D., PORRETTA D., 2024 - *Can reproductive interference be integrated into the Sterile Insect Technique for pest control? Insights from spotted wing fly Drosophila suzukii*. - bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2024.09.05.611447>
- CINI A., IORIATTI C., ANFORA G., 2012 - *A review of the invasion of Drosophila suzukii in Europe and a draft research agenda for integrated pest management*. - *Bulletin of Insectology*, 65(1): 149-160.
- CONTI E., AVILA G., BARRATT B., CINGOLANI F., COLAZZA S., GUARINO S., HOELMER K., LAUMANN R.A., MAISTRELLO L., MARTEL G. ET AL., 2021 - *Biological control of invasive stink bugs: Review of global state and future prospects*. - *Entomol. Exp. Et Appl.*, 169: 28–51.
- CRISTOFARO M., SASSO R., MUSMECI S., ARNONE S., DI ILIO V., DE BIASE A., BELVEDERE S., 2011 - *Primi risultati relativi ad uno studio di fattibilità della tecnica dell'insetto sterile per il controllo di Rhynchophorus ferrugineus Olivier*. p. 292 in XXIII Italian Congress of Entomology, 13–16 June 2011, Genova, Società Entomologica Italiana
- CRISTOFARO M., FORNARI C., MARIANI F., CEMMI A., GUEDJ M., BEN JAMAA M.L., MSAAD GUERFALI M., TABONE E., CASTELLANA R., SASSO R., MUSMECI S., 2023 - *Effects of gamma-Irradiation on Mating Behavior of Red Palm Weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Olivier, 1790) (Coleoptera: Dryophthoridae)*. - *Insects*, 14: 661.
- DEMBILIO Ó., JACAS J.A., 2011 - *Basic bio-ecological parameters of the invasive Red Palm Weevil, Rhynchophorus ferrugineus (Coleoptera: Curculionidae), in Phoenix canariensis under Mediterranean climate*. - *Bulletin of Entom. Res.*, 101:153–163.
- EARLY R., BRADLEY B.A., DUKES J.S., LAWER J.J., OLDEN J.D., BLUMENTHAL D.M., GONAZELIS P., GROSHOLZ E.D., IBANEZ I., MILLER L.P., SORTE C.J.B., TATEM A.J., 2016 - *Global Threats from Invasive Alien Species in the Twenty-first Century and National Response Capacities*. - *Nature Communications*, 7: 12485
- FAO/IAEA/USDA, 2019 - *Product quality control for sterile mass-reared and released tephritid fruit flies*. Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Atomic Energy Agency/United States Department of Agriculture.
- HENDRICH S. J. V., 2021 - *Strategic options in using sterile insects for area-wide integrated pest management*. In: *Sterile Insect Technique (Second Edition)*. Boca Raton, London, New York. Ed: Dyck, Hendrichs, Robinson, CRC.
- INGHILESI A.F., MAZZA G., CERVO R., CINI A., 2015 - *A Network of Sex and Competition: The Promiscuous Mating System of an Invasive Weevil*. - *Curr. Zool.* 2015, 61: 85–97.
- KLASSEN W., 2005 - *Area-wide integrated pest management and the sterile insect technique*. In: *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*; Dyck, V.A., Hendrichs, J., Robinson, A.S., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2005; pp. 39–68. ISBN 978-1-4020-4051-1.
- KNIPLING E.F., 1955 - *Possibilities of Insect Control or Eradication Through the Use of Sexually Sterile Males*. - *Journal of Economic Entomology*, 48: 459–462.
- LANCE D. R., MCINNIS D.O., 2021 - *Biological basis of the sterile insect technique*. - *Sterile Insect Technique*, 69-94.
- LEE D.-H., SHORT B.D., JOSEPH S.V., BERGH J.C., LESKEY T.C., 2013 - *Review of the biology, ecology, and management of Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea*. - *Environ. Entomol.*, 42: 627–641.
- LESKEY T.C., NIELSEN A.L., 2018 - *Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management*. - *Annu. Rev. Entomol.*, 63: 599–618.
- MAZZA G., INGHILESI A.F., STASOLLA G., CINI A., CERVO R., BENVENUTI C., FRANCARDI V., CRISTOFARO M., ARNONE S., ROVERSI P.F., 2016 - *Sterile Rhynchophorus ferrugineus Males Efficiently Impair Reproduction While Maintaining Their Sexual Competitiveness in a Social Context*. - *J. Pest Sci.*, 89, 459–468.
- MUSMECI S., BELVEDERE S., SASSO R., ARNONE S., CRISTOFARO M., NOBILI P.; LA MARCA A., DE BIASE A., 2018 - *Last mating male sperm precedence in Rhynchophorus ferrugineus (Olivier): observations in laboratory mating experiments with irradiated males*. - *Bulletin of Entomological research*, 108: 93-100.
- MYERS J.H., SIMBERLOFF D., KURIS A., CAREY J.R., 2000 - *Eradication Revisited: Dealing with Exotic Species*.

- Trends in Ecology & Evolution, 15 (8): 316-320.
- ROSELLI G., ANFORA G., SASSO R.; ZAPPONI L., MUSMECI S., CEMMI A., SUCKLING D.M., HOELMER K.A., IORIATTI C., CRISTOFARO M., 2023 - *Combining irradiation and biological control against brown marmorated stink bug: Are sterile eggs a suitable substrate for the egg parasitoid Trissolcus japonicus?* - Insects, 14: 654.
- ROBINSON A.S., 2005 - *Genetic Basis of the Sterile Insect Technique*. In: Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management, V.A. Dyck, J. Hendrichs, and A.S. Robinson, eds., pp. 95–114.
- SASSÙ F., NIKOLOULI K., PEREIRA R., VREYSEN M.J.B., STAUFFER C., CALCERES C., 2019 - *Irradiation dose response under hypoxia for the application of the sterile insect technique in Drosophila suzukii*. - PloS ONE, 14 (12): e0226582
- SILVA-SOARES N.F., NOGUEIRA-ALVES A., BELDADE P., MIRTH C.K., 2017 - *Adaptation to new nutritional environments: larval performance, foraging decisions, and adult oviposition choices in Drosophila suzukii*. - BMC Ecol., 17: 21.
- SUCKLING D.M., CRISTOFARO M., ROSELLI G., LEVY M.C., CEMMI A., MAZZONI V., STRINGER L.D., ZENI V., IORIATTI C., ANFORA G., 2019 - *The competitive mating of irradiated brown marmorated stink bugs, Halyomorpha halys, for the sterile insect technique*. - Insects, 10: 411.
- THOMAS M.C., 2010 - *Giant Palm Weevils of the Genus Rhynchophorus (Coleoptera: Curculionidae) and Their Threat to Florida Palms*. - Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. DACS-P-01682: 1-2.
- VREYSEN M.J.B., GERARDO-ABAYA J., CAYOL, J.P., 2007 - *Lessons from Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM) Programmes with an SIT Component: an FAO/IAEA Perspective*. In: Area-Wide Control of Insect Pests, M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, and J. Hendrichs, eds. (Dordrecht: Springer Netherlands), pp. 723–744.

UN SESSANTENNIO TRA I LILLIPUT DEGLI INSETTI: I TRICHOGRAMMATIDAE (HYMENOPTERA: CHALCIDOIDEA)

GENNARO VIGGIANI (*)

(*) già professore ordinario dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", Facoltà di Agraria, Via Università, 100- Portici (NA). Italia; e-mail: viggennr@gmail.com

Lettura tenuta Seduta pubblica dell'Accademia – Napoli, 13 giugno 2024.

Sixty years amongst the insect lilliputs: the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)

After a brief presentation of the family Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) the author outlines the history of the family, the progresses achieved in taxonomy, classification and bio-ecology, with emphasis on the own contribution in sixty years of research activity.

KEY WORDS: egg parasitoids, history, taxonomy, bio-ecology, classification.

INTRODUZIONE

La storia dei Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) inizia nel 1833, allorché WESTWOOD descrive tra i Chalcidae il genere *Trichogramma*, sulla specie tipo *Trichogramma evanescens*. Successivamente HALIDAY (in WALKER, 1851) istituisce nei Chalcidites la nuova tribù Trichogrammini, includendovi i generi *Trichogramma*, *Chaetostrixa*, *Brachista* e *Oligosita*. Il rango di famiglia a questo gruppo d'insetti, con la denominazione di Trichogrammatoidae, gli viene per prima attribuito da FÖRSTER (1856). Altri dettagli su questi aspetti nomenclatoriali e classificatori della famiglia possono approfondirsi in VIGGIANI (2002a).

I Trichogrammatidae (Fig. 1, in alto) sono insetti di piccole e piccolissime dimensioni (0.17-1 mm) caratterizzati dall'aver zampe con tarsi di 3 segmenti e antenne con non più di 6 articoli, esclusi gli anelli (1-3) (Fig. 1, in basso). Essi, con qualche eccezione, sono parassitoidi endofagi, solitari o gregari di uova di insetti di vari ordini, maggiormente di Coleoptera, Thysanoptera, Hemiptera, Lepidoptera e Diptera. Alcuni generi (*Hydrophilita*, *Lathromeroidea*, *Prestwichia*, *Pseudoligosita*, *Trichogramma*) includono specie che parassitizzano uova d'insetti acquatici (FURSOV, 1995; QUERINO e HAMADA, 2009). Attualmente sono attribuite alla famiglia poco più di 1000 specie, in circa 100 generi (NOYES, 2024; VIGGIANI, dati personali) e che rappresentano un gruppo ritenuto monofiletico (OWEN *et al.*, 2007; MUNRO *et al.*, 2011; HERATY *et al.*, 2013). I generi attualmente più vasti sono *Trichogramma* Westwood (241 specie) and *Oligosita* Walker (100 species), Purtroppo dati biologici, anche solo quelli relativi ai loro ospiti, sono noti solo per relativamente poche specie.

In diverse regioni del mondo, soprattutto specie del genere *Trichogramma* sono utilizzate per la lotta biologica a lepidotteri d'importanza economica.

Nella presente lettura sono illustrate le acquisizioni di maggiore rilevanza che hanno riguardato i Trichogrammatidae, in particolare quelle dovute al presente autore nel corso di un sessantennio di attività di ricerca.

RICERCHE

Tassonomia. All'inizio della mia attività entomologica, che risale agli anni '60, mi resi presto conto che le conoscenze sugli Hymenoptera Chalcidoidea di più piccole dimensioni (Aphelinidae, Mymaridae, Trichogrammatidae), gruppi d'interesse non solo scientifico, ma anche economico, erano molto scarse sotto vari aspetti (tassonomico, morfologico, biologico e quali potenziali agenti di controllo biologico). In particolare, per i trichogrammatidi, si era sostanzialmente fermi a descrizioni specifiche lacunose, senza adeguate illustrazioni, e a sistemi classificatori come quelli di HALIDAY (in WALKER, 1851), ASHMEAD (1904), GIRAUULT (1912, 1913, 1915, 1918) e di KRYGER (1919), basati sulla distribuzione delle setole sul disco alare (Fig. 2) o la forma della venulazione, la presenza o meno di funicolo nelle antenne, ecc. spesso con variabilità intragenerica, inadeguati per definire categorie soprageneriche credibili. Appariva soprattutto necessaria una revisione e ridefinizione delle specie attribuite alla famiglia, anche nel tentativo di meglio definire i generi conosciuti (VIGGIANI, 1968a). Avevo già iniziato a studiare e riordinare, dopo la mia laurea, (20.7.1960) parte della collezione dei Chalcidoidea dell'allora Istituto di Entomologia agraria dell'Università degli Studi di Napoli, in Portici, e prestato at-



Figura 1. *Uscanoidea ricoi* Viggiani, Gamboa e Pérez-Bonavides. In alto, femmina; in basso, particolare antenna.

tenzione agli esemplari, determinati e no dei Trichogrammatidae. Incoraggiato anche dall'allora direttore dell'Istituto, Prof. Giuseppe Russo, mi avviavo verso una specializzazione nel campo degli Imenotteri parassitoidi, in particolare dei Chalcidoidea che, tra l'altro, nel citato Istituto avevano sempre ricevuto un particolare interesse anche in progetti di lotta biologica. Iniziai a familiarizzare con questo vasto gruppo d'insetti con un soggiorno di 4 mesi, nella primavera del 1963, presso il Muséum d'Histoire Naturelle di Ginevra sotto la direzione del Dr. Charles Ferrière, specialista di notorietà internazionale. Grazie ad una Borsa di studio Nato della durata di 4 mesi, assegnatami nel 1966, iniziai a studiare presso il British Museum Natural History di Londra la collezione dei trichogrammatidi in vista di una revisione dei generi inclusi nella famiglia.

Durante tale soggiorno ebbi modo di sapere che, impegnato nello stesso progetto, usufruendo di un anno sabatico, era il Prof. Richard L. Doutt dell'Università di California (Berkeley). Dopo alcuni contatti decidemmo di unire i nostri sforzi per rivedere la classificazione dei Trichogrammatidae in seguito all'esame di tutto il materiale reso disponibile dalle istituzioni del tempo. Il risultato di questo lavoro, che presentava con illustrazioni originali tutti i generi della famiglia ritenuti validi e una chiave per la loro identificazione, fu pubblicato nei *Proceedings of the California Academy of Sciences* (DOUTT e VIGGIANI, 1968). In tale lavoro i generi non erano attribuiti alle categorie soprageneriche (sottofamiglia, tribù) proposte da vari autori, perché ritenute arbitrarie e artificiali. Intanto le mie ricerche continuavano con la descrizione di nuove specie (VIGGIANI, 1968b) e anche con segnalazioni di ospiti e di aspetti biologici non noti (VIGGIANI, 1969a). In questo periodo si estendeva l'esame e la ridescrizione di specie poco conosciute, come quelle africane descritte da Risbec (VIGGIANI, 1969b). Nel corso dello studio di diverso materiale, in particolare di 44 specie appartenenti a 28 generi di Trichogrammatidae, mi resi conto che l'armatura genitale maschile (Fig. 3), finora non descritta, mostrava una variabilità che non aveva riscontro, per quanto finora noto, in altra famiglia dei Chalcidoidea. All'epoca si riteneva, che le citate strutture non avessero un interesse tassonomico in questo gruppo d'insetti (ASKEW, 1971). In base a tale studio proposi una nuova classificazione di categorie soprageneriche nei Trichogrammatidae basata solo sulle caratteristiche delle armature genitali maschili, con una chiave per la loro identificazione. Tali sorprendenti risultati furono preliminarmente comunicati nel Congresso Inter-

nazionale di Entomologia di Mosca dell'agosto 1968 (VIGGIANI, 1971a) e successivamente elaborati in un lavoro che poneva in luce il significato tassonomico dell'armatura genitale maschile sia nella discriminazione delle specie che dei generi (VIGGIANI, 1971b, 1984). Questo contributo marcava un decisivo cambiamento negli studi dei trichogrammatidi e anche di altre famiglie (es. Mymaridae, Aphelinidae) (VIGGIANI e BATTAGLIA, 1984; VIGGIANI, 1989a, 1991, 1994a, 2004a), in cui marcate variabilità dell'organo copulatore erano state messe in evidenza. Negli stessi trichogrammatidi e per il genere *Trichogramma* più conosciuto e indagato, anche per l'utilizzo di varie specie nel controllo biologico di vari insetti dannosi, l'interesse diagnostico dei genitali maschili preconizzato da ISHII (1941) e confermato da NAGARKATTI e NAGARAJA (1971) ha

trovato nei decenni successivi ampia applicazione come nella identificazione di circa 180 specie nordamericane di *Trichogramma* (PINTO, 1999). Nelle moderne descrizioni di trichogrammatidi la illustrazione dell'armatura genitale maschile è fondamentale e in alcuni generi (es. *Trichogramma*, *Ufens*) è basata fondamentalmente sulle caratteristiche di questa struttura (PINTO, 1999; OWEN, 2011). PINTO (2006) segnala che nel genere *Pseuduscana* la morfologia esterna delle specie è eccezionalmente omogenea, ma che gli organi copulatori sono più variabili che in nessun altro genere di Trichogrammatidae, eccetto forse in *Ufens*. L'autore afferma di essere in grado di discriminare sulla base delle caratteristiche dei genitali maschili circa 20 specie presenti in America, quindi come in *Trichogramma* e in *Ufens*, anche la tassonomia delle specie del genere *Pseuduscana* sarà basata quasi interamente sui maschi. In questo periodo continuo la descrizione di nuovi generi e specie (VIGGIANI, 1971c; 1971d; 1974, 1976b; VIGGIANI e HAYAT, 1974), anche su materiale ricevuto dall'estero. Negli anni '70 inizio inoltre un progetto di revisione delle specie descritte del genere *Oligosita* Walker, allora comprendente un centinaio di specie di cui un terzo descritte da A. A. GIRAULT. Ho studiato il materiale tipico delle specie australiane (35), presso il Queensland Museum di Brisbane e i risultati di questo lavoro sono stati successivamente pubblicati (VIGGIANI, 1976a). Delle singole specie studiate sono stati descritti i dettagli morfologici salienti, illustrati con disegni originali e fornita una chiave per la loro identificazione. A questo lavoro sono seguite le revisioni delle specie di *Oligosita* neartiche e neotropicali (VIGGIANI, 1981). Un interessante nuovo genere ho descritto nel 1976 (VIGGIANI, 1976b), *Eteroligosita*,

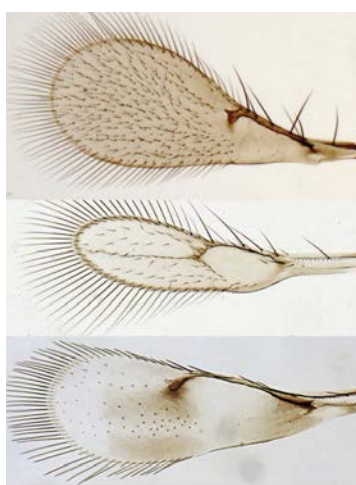


Figura 2. Ali anteriori di *Probrachista longiciliata* Viggiani, in alto, di *Hydrophylita pacifica*, in mezzo, e di *Oligosita dolichogaster* Viggiani, in basso.



Figura 3. Genitali maschili di *Hydrophylita pacifica* Viggiani, a sinistra, e di *Uscanoidea ricoi* Viggiani, Gamboa e Pérez-Bonavides, a destra.

affine ad *Oligosita*, caratterizzato dall'aver un organo copulatore *sui generis* con fallobase non staccata dagli ultimi sterniti addominali e con lungo edeago bipartito. Ho descritto in seguito altre nuove specie di trichogrammatidi dei generi *Oligosita* (VIGGIANI, 1980, 1981, 1982°; Viggiani e Subba Rao, 1978), *Epoligosita* (VIGGIANI e REN, 1986; PINTO e VIGGIANI, 1987), *Trichogrammatoidea* (VIGGIANI, 1979a), *Uscana* (VIGGIANI, 1979b, 1987a) e *Zagella* (VIGGIANI, 1985a), nonché un secondo genere con corpo edeagale bipartito e con la parte distale allo stato di riposo ripiegata su quella basale in senso postero-anteriore, denominato *Hayatia* (VIGGIANI, 1982b), in omaggio al collega Mohammad Hayat, della Aligarh Muslim University, India, con il quale ho avuto una feconda collaborazione per diversi decenni. Entrambe le specie tipo *Eteroligosita tamaricis* Viggiani e *Hayatia indica* Viggiani hanno i maschi con sensilli antennali molto diversi da quelli della femmina, di notevole dimensione nella prima specie e molto più numerosi nella seconda. Altra importante collaborazione ho iniziata negli anni '80 con il collega John Pinto, Università di California (Riverside), che ha prodotto vari contributi, tra cui la descrizione di nuovi generi *Itty-sella* (PINTO e VIGGIANI, 1987), *Pintoa* (VIGGIANI, 1989a), *Sinepalpigramma* (VIGGIANI e PINTO, 2003), una revisione del genere *Ceratogramma* (PINTO e VIGGIANI, 1991), una revisione degli Oligositini con una ipotesi di relazioni filogenetiche (PINTO e VIGGIANI, 2004). In questo periodo descrivo nuovi trichogrammatidi del Sud America (VIGGIANI, 1992) e una interessante specie di *Pseudoligosita* australiana (VIGGIANI, 2004b).

Contributi interessanti alla conoscenza dei Trichogrammatidae neotropici sono derivati anche da una fruttuosa collaborazione con la collega Mercedes Velasquez del Rios, Universidad Rómulo Gallegos, Venezuela (VIGGIANI e VELASQUEZ DE RIOS, 2004; VIGGIANI e VELASQUEZ DE RIOS, 2006; VELASQUEZ DE RIOS e VIGGIANI, 2007, 2009).

Avevo conosciuto sin dagli anni '60, allorché da giovane laureato frequentavo l'allora Istituto di Entomologia e Zoologia Agraria di Portici, un signore fisicamente prestante, che incontravo nei locali delle collezioni e che, tra l'altro, mi si diceva venisse a identificare degli Hymenoptera Chalcidoidea. Si trattava dell'ingegnere forestale ed entomologo Svatoslav Nowicki, un valente raccoglitore d'insetti, instancabile viaggiatore in Europa, Nord Africa e Vicino Oriente. Quale entomologo, egli non aveva una posizione professionale, ma lavorava in connessione con diverse istituzioni, musei e altri laboratori principalmente in Polonia (Varsavia), Cecoslovacchia (Praga) e Austria (Vienna). Egli si era occupato principalmente di Hymenoptera Trichogrammatidae in lavori pionieristici di tassonomia nei quali le dettagliate e precise descrizioni delle varie entità erano splendidamente illustrate, (NOWICKI, 1927, 1933, 1935, 1936, 1940, 1946). La sua competenza in questo settore è anche testimoniata da una nota presentata all'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia (NOVITZKY, 1962). Egli veniva sovente in Italia, ove era ben noto negli ambienti entomologici, A Portici, può dirsi, era di casa, e durante i suoi soggiorni

trovava anche alloggio in locali situati nel Parco Gussonne, annesso alla Reggia borbonica. Giungeva alla storica stazione ferroviaria del Granatello con valigia e scatoloni, ove sovente andavo ad accoglierlo. Al suo arrivo la polizia sovente chiedeva delle informazioni sulla sua attività. Nel corso dei decenni la nostra conoscenza si consolidò, anche perché io avevo già dagli anni '60 iniziato ad occuparmi degli Hymenoptera Trichogrammatidae, un gruppo d'insetti per il quale aveva avuto particolare predilezione. Un bel giorno egli mi esprime la volontà di donarmi la sua singolare collezione di Mymaridae e, soprattutto di Trichogrammatidae, un atto di stima e di fiducia del quale gli fui molto grato. Di tale collezione ho successivamente reso noto per gli studiosi la collocazione e la consistenza (VIGGIANI, 2011).

Nell'ultimo decennio, dopo il mio pensionamento del novembre 2010, ho potuto dedicarmi più intensamente allo studio dei Trichogrammatidae. Un primo progetto ha riguardato lo studio del materiale non identificato della famiglia, raccolto in varie regioni del mondo, e conservato nella Canadian National Collection of Insects, Ottawa (Canada). Lo studio ha riguardato 461 esemplari montati a secco su cartoncino e poi singolarmente dissezionati e rimontati su vetrino. Sono state identificate 30 specie nuove, attribuite a 13 generi, dei quali 2 nuovi (VIGGIANI, 2019). Particolarmente interessante è risultato lo studio riguardante delle specie del genere *Haeckeliania* che ha confermato la straordinaria variabilità interspecifica riguardante soprattutto la forma e il complesso sensoriale delle antenne di ambo i sessi. Rilevante è risultato anche il ritrovamento di specie del genere *Pseudogrammina* Ghesquière in Nuova Zelanda, segnalate in Australia oltre un secolo fa.

Un significativo contributo alla conoscenza dei Trichogrammatidae della Penisola Arabica è dovuto al numeroso materiale raccolto da A. Saji e A. van Harten nel decennio scorso nella riserva di Al Wathba Wetland e nell'area protetta di Houbara, negli Emirati Arabi Uniti. Su questo materiale ho identificato specie attribuite a dieci generi, alcuni nuovi per l'area. Dettagli morfologici sono stati descritti e illustrati relativi al singolare organo copulatore di specie del genere *Paratrachogramma* Girault e due specie nuove del genere *Ufens* Girault (VIGGIANI, 2021a).

Un impegnativo contributo alla tassonomia dei Trichogrammatidae, conclusosi recentemente (POLASZEK *et al.*, 2022) riguarda il genere *Megaphragma* Timberlake, comprendente parassitoidi di uova di Tripidae. Dopo la prima segnalazione del genere in Europa (VIGGIANI, 1994b), il lavoro è continuato con il riesame del tipo del genere *M. mymaripenne* per la verifica di alcuni caratteri inseriti nella descrizione originale e che ha consentito di mettere in evidenza la struttura presente sui tergiti del metasoma, in particolare sul primo e il suo interesse tassonomico (VIGGIANI, 1997). Studi successivi hanno riguardato la descrizione di nuove specie, tra cui parassitoidi di *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché (Thysanoptera) (VIGGIANI, 1997; VIGGIANI e BERNARDO, 1997), la segnalazione di una nuova specie di dimensioni tra le più piccole segnalate tra gli insetti (0.17 mm) (VIGGIANI, 2002b), in seguito denominato

Megaphragma rivelloi Viggiani, in riferimento al mio borgo natio, e la revisione delle specie argentine (VIGGIANI *et al.*, 2009). Delle specie descritte sino alla fine del secolo scorso (15) molte restavano ancora difficilmente identificabili a causa di descrizioni lacunose, scarsamente o non illustrate e altro materiale restava non studiato e indescritto. Ho iniziato nell'ultimo decennio una revisione delle specie descritte, esaminandone il materiale tipico, nonché il materiale indeterminato giacente nelle collezioni di tutto il mondo, lavoro al quale si sono in seguito associati altri colleghi con diverse competenze. In questa revisione (POLASZEK *et al.*, 2022) sono state ricaratterizzate tutte le specie precedentemente segnalate, descritte 22 nuove specie e proposta una chiave per la identificazione di 32 specie ritenute valide.

È da segnalare che, negli ultimi anni, specie del genere *Megaphragma*, in ragione delle loro piccolissime dimensioni, sono utilizzate per studiare gli effetti della miniaturizzazione sulla loro morfologia esterna e interna, strutture di vari organi, aspetti peculiari del genoma. In tre specie di *Megaphragma* sono stati trovati neuroni anucleati e descritto il fenomeno unico della lisi dei corpi e nuclei di cellule nello stadio pupale (NEDOLUZHKO *et al.*, 2016; POLILOV, 2012, 2016, 2017).

Infine, di recente è stata richiesta la mia partecipazione ad un progetto di studio finanziato dal Ministero della Scienza, della Tecnologia e dell'Innovazione della Colombia sulle cimici del genere *Monalioion* e loro antagonisti, dannosi alle coltivazioni di cacao. Nel corso di tale studio è stato individuato un tricogrammatide ooparassitoide di *Monalioion dissimulatum* (Hemiptera: Miridae), risultato specie nuova del genere *Uscanoidea* Girault e d'interesse per il controllo integrato dell'ospite fitofago (GAMBOA J. *et al.*, 2024). In complesso la mia attività tassonomica ha portato alla descrizione di 13 nuovi generi e a 113 nuove specie.

Classificazione della famiglia

Dopo la descrizione dei primi Trichogrammatidae (WESTWOOD, 1833; HALIDAY, 1833), pur rilevando la unicità di un carattere, quello di avere i tarsi trimeri, essi non furono assegnati a una categoria sopragenerica. Solo nel 1851, HALIDAY (in WALKER, 1851) riconobbe al gruppo il rango di tribù, che denominò dei "Trichogrammini". L'autore nella chiave alla identificazione dei generi distinse un gruppo con setole sul disco alare disposte in linee, da cui il nome composto dal Greco *Trichogramma*, e un altro con setole sparse. Per primo FÖRSTER (1856) elevò questo gruppo d'Imenotteri al rango di famiglia denominata dei Trichogrammatoidae e successivamente da WALKER (1872) dei Trichogrammidae. Quest'ultimo autore mantenne nella famiglia la distinzione dei gruppi proposta da HALIDAY (1833). ASHMEAD (1904), sempre in base alla distribuzione delle setole sulle ali anteriori, riconobbe le sottofamiglie Trichogramminae e Oligositinae, ma GIRAULT (1912), un pioniere nello studio dei Trichogrammatidae, rilevando la notevole variabilità del carattere distin-

tivo precedentemente adottato, propose un nuovo sistema di classificazione, per l'autore più naturale, basato sul tipo della venulazione alare, riconoscendo la sottofamiglia dei Trichogrammatinae (venatura delle ali anteriore curva) e dei Chaetostrichinae (venatura delle ali anteriore diritta), all'interno delle quali stabilì le tribù Trichogrammini (venulazione alare gradualmente arcuata), Poropoeini (venulazione alare più arcuata raggiungente il margine costale solo all'estremo apice), Chaetostrichini (funicolo antennale presente) e Lathromerini (funicolo antennale assente). Ma neanche questa classificazione trova consenso e KRYGER (1919) nella monografia "The European Trichogramminae", considera il gruppo una sottofamiglia con le tribù Trichogrammini, Oligositini e Brachistini, distinte ancora in base alla distribuzione delle setole alari, criterio che lo stesso autore giudica non sostenibile per cui bisognerà nel prossimo futuro ricercare altri caratteri. Dopo la revisione dei generi dei Trichogrammatidae (DOUTT e VIGGIANI, 1968) e un esteso studio dell'armatura genitale maschile, VIGGIANI (1971b) ritenne di poter proporre su questa base una nuova classificazione della famiglia articolata come segue:

Sottofamiglia Trichogrammatinae, includente generi con armatura genitale maschile provvista di fallobase avvolgente il fallo e distalmente con parameri e volselle;

Tribù Trichogrammatini, includente generi con fallobase docciforme o tubulare, generalmente ingrossata nel tratto mediano, con apertura antero-dorsale di varia forma ed estensione;

Tribù Paracentrobiini, includente generi con fallobase subtronco-conica, apertura antero-dorsale breve, generalmente trasversa o subrotondeggiante;

Sottofamiglia Oligositinae, includente generi con fallobase avvolgente l'edeago, almeno in parte, non distinta e generalmente con i vari elementi dell'armatura genitale fusi in un corpo unico, tubulare, che manca di apodemi bacilliformi;

Tribù Chaetostrichini, includente generi con organo copulatore avente apertura antero-dorsale nettamente differenziata e spesso delimitata da un anello sclerificato;

Tribù Oligositini, includente generi con apertura antero-dorsale non evidente o scarsamente differenziata.

YOUSUF e SHAFEE (1987) nella monografia "Taxonomy of Indian Trichogrammatidae", mantiene le due sottofamiglie Trichogrammatinae e Oligositinae proposte da VIGGIANI (1971b) ma introduce altri caratteri, come la lunghezza della venulazione, la presenza o assenza di funicolo antennale, per sinonimizzare alcune tribù proposte nel passato e riconoscere nei Trichogrammatinae le tribù dei Trichogrammatini e quella degli Aphelinoidini (nuova) e negli Oligositinae le tribù dei Megaphragmini (nuova), degli Oligositini e dei Lathromerini.

Finora la sola classificazione seguita dagli entomologi che si sono maggiormente occupati di Trichogrammatidae è stata quella di VIGGIANI (1971b) (OWEN *et al.*, 2007). LIN (1994) nella sua monografia "Systematic Studies of Chinese Trichogrammatidae" scrive che la classificazione

ne della famiglia basata sulle caratteristiche dei genitali maschili, al presente, è la più ragionevole.

Dopo oltre 50 anni dalla proposta di classificazione di Viggiani (1971b), è stata elaborata una filogenia molecolare dei Trichogrammatidae, anche con lo scopo di valutare la utilità dei genitali maschili nella classificazione sopragenerica (OWEN *et al.*, 2007). I risultati della ricerca, basata sull'esame di 121 specie incluse in 52 degli 84 generi riconosciuti e che gli autori ritengono preliminare, non stabiliscono nuove categorie soprageneriche, ma esse vengono marcatamente limitate nel numero dei generi assegnativi. Inoltre, nella sottofamiglia Trichogrammatinae, includente la sola tribù Trichogrammatini sono inclusi solo 4 generi, ne restano altri ben 33 in *incertae sedis*, e nella sottofamiglia Oligositinae trasferiscono la tribù Paracentrobiini, includendovi solo 4 generi, mentre nelle tribù Chaetostichini, Oligositini vi includono rispettivamente 11 e 12 generi; restano in *incertae sedis* dalla sottofamiglia Oligositinae 24 generi. Sostanzialmente le categorie soprageneriche riconosciute da OWEN *et al.* (2007) includono i generi con i genitali maschili dello stesso tipo considerato nella classificazione di Viggiani (1971b). Il tipo di armatura genitale maschile resta un elemento di primaria importanza non solo a livello di specie e di genere, ma anche nella caratterizzazione delle categorie soprageneriche dei Trichogrammatidae.

Bio-ecologia - Le ricerche in questo settore sono molto carenti per i Trichogrammatidae. Per la stragrande maggioranza delle specie non sono noti neanche gli ospiti. Fanno eccezione le specie del genere *Trichogramma*, anche in relazione al loro impiego nella lotta biologica ad insetti che causano dannosità economica. In questo caso, però, vari riferimenti bibliografici sono inattendibili perché si riferiscono ad entità sovente erroneamente identificate. Il mio personale contributo alla bio-ecologia dei Trichogrammatidae è rappresentato maggiormente dalla segnalazione di ospiti di diverse specie (VIGGIANI, 1968b, 1971c, 1971d, 1974, 1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982, 1987a; HASSAN *et al.*, 2004; BERNARDO *et al.*, 2017; LAUDONIA *et al.*, 2017); ma sono anche date note biologiche per altre entità: *Epoligosita vera* Viggiani (VIGGIANI, 1985b); *Oligosita pallida* (VIGGIANI, 1987b); *Ufensia minuta* (VIGGIANI, 1989b); *Lathromeris cecidomyiiae* (VIGGIANI e LAUDONIA, 1994); *Paracentrobia tapajosae* (VIRLA *et al.*, 2009); *Oligosita balcluthae* (BELLA *et al.*, 2015); *Bloodiella andalusica* (VIGGIANI e FILELLA, 2019; VIGGIANI *et al.*, 2021); *Pseudoligosita phaneropterae* (VIGGIANI, 2021b).

Ad eccezione di diverse specie del genere *Trichogramma*, poche sono quelle incluse in altri generi allevate e delle quali siano stati rilevati parametri biologici. Tra quest'ultime ci sono quelle del genere *Megaphragma*, ooparasitoidi del tripide *Heliothrips haemorrhoidalis*. La dannosità di questo tripide a diverse piante d'interesse economico e paesaggistico mi aveva nei decenni scorsi sempre portato a verificare se nel nostro Paese si fosse introdotto accidentalmente qualche ooparasitoide. Negli anni '90 (VIGGIANI, 1994b) ottenni un *Megaphragma*

da uova del citato fitofago, successivamente identificato *M. mimaripenne*, e da allora estesi l'indagine in Campania e in altre regioni italiane. Da tale indagine emerse che dalle uova di *H. haemorrhoidalis* emergeva anche un'altra specie di *Megaphragma*, descritta come *M. amalphitanum* Viggiani. Le due specie sono rappresentate rispettivamente da una popolazione a riproduzione normalmente telitoca (*M. mymaripenne*) e da una popolazione a riproduzione normalmente anfigonica (*M. amalphitanum*). Entrambe le specie parassitizzano le uova dell'ospite anche nella stessa località. Parametri biologici (longevità, sviluppo preimmaginale, durata ciclo uovo-adulto, fecondità potenziale e progenie) sono stati rilevati in allevamenti di laboratorio a differenti temperature. Entrambe le specie non hanno un periodo di diapausa annuale (BERNARDO e VIGGIANI, 2003).

CONSIDERAZIONI FINALI

Indubbiamente, nonostante i notevoli progressi conseguiti finora, ulteriori studi sono necessari per chiarire lo stato di non pochi generi, soprattutto di quelli del gruppo *Uscana* del centro e sud America. A tale scopo occorrerebbe disporre di un più ampio materiale e adottare per l'identificazione delle tecniche integrate (morfologiche e molecolari). Tale percorso non è certo agevole e di breve periodo. Per quanto riguarda gli aspetti morfologici andrebbe maggiormente esteso lo studio dei genitali maschili, soprattutto in riferimento al significato della loro variabilità intragenerica. Da tale ricerca potrebbero aversi indicazioni circa l'opportunità o meno di mantenere lo stato di alcuni generi apparentemente eteromorfi per caratteri extrafallici e viceversa, nonché per la classificazione della famiglia. Andrebbero intensificati gli studi bio-ecologici sulle specie del gruppo, attualmente molto carenti, anche ai fini applicativi (progetti di lotta biologica e gestione degli agro-ecosistemi). Infine, e forse punto più importante, occorrerebbe invogliare dei giovani entomologi ad interessarsi di questo particolare gruppo d'imenotteri.

RIASSUNTO

Dopo una breve presentazione della famiglia Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) l'autore delinea la storia della famiglia, i progressi raggiunti in tassonomia, bio-ecologia e classificazione, dando particolare rilievo ai propri contributi apportati nel corso di un sessantennio di attività di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- ASHMEAD W.H., 1904 - *Classification of the chalcid flies of the superfamily Chalcidoidea, with descriptions of new species in the Carnegie Museum, collected in South America by Herbert H. Smith*. - *Memoirs of the Carnegie Museum*, 1: 225-551.
- ASKEW A. A., 1971 - *Parasitic Insects*. H. E. B. London: 316 pp.

- BELLA S., CUPANI S., D'URSO V., LAUDONIA S., SINNO M., VIGGIANI G., 2015 - *Description of a new species of Oligosita Walker (Chalcidoidea: Trichogrammatidae), egg parasitoid of Balclutha brevis Lindberg (Homoptera: Cicadellidae) living on Pennisetum setaceum, from Italy.* - Zootaxa, 4039: 583 – 590.
- BERNARDO U., GUALTIERI L., NUGNES F., VERDOLINI E., RILOLO P., VIGGIANI G., 2017 - *A new species of Soikiella Nowicki (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Italy.* - Zootaxa, 4242: 185-192.
- BERNARDO U., VIGGIANI G., 2003 - *Biological data on Megaphragma amalphantum Viggiani and Megaphragma mymaripenne Timberlake (Hymenoptera: Trichogrammatidae), egg-parasitoids of Heliothrips haemorrhoidalis (Bouché) (Thysanoptera: Thripidae) in southern Italy.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 58 (2002): 77-85.
- DOUTT R., VIGGIANI G., 1968 - *The classification of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea).* - Proc. Cal. Ac. Sc., 35 (fourth ser.): 477-586.
- FÖRSTER A., 1856 - *Hymenopterologische Studien. 2 Hefte. Chalcidiae und Proctotrupii.* - Aachen: 152 pp.
- FURSOV V., 1995 - *A review of the European Chalcidoidea (Hymenoptera) parasitizing the eggs of aquatic insects.* - Irish Biogeographical Society Bulletin, 18: 2-12.
- GAMBOA J., PÉREZ-BENAVIDES L., OSPINA-PENUELA E., SERNA F., VIGGIANI G., 2024 - *A new species of Uscanoidea Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of Monalonion dissimulatum Distant (Hemiptera: Miridae).* - J. Hymen. Res., 94: 191-206.
- GIRAULT A.A., 1912 - *Australian Hymenoptera Chalcidoidea. I. The family Trichogrammatidae with description of new genera and species.* - Mem. Queensland Museum, 1: 66-116
- GIRAULT A.A., 1913 - *Australian Hymenoptera Chalcidoidea I. Supplement.* - Memoirs of the Queensland Museum, 2: 101-106
- GIRAULT A.A., 1915 - *Australian Hymenoptera Chalcidoidea I. Second supplement.* - Mem. Queensland Museum, 3: 142-153.
- GIRAULT A. A., 1918 - *North American Hymenoptera Trichogrammatidae.* - Sydney, Australia: 11 pp.
- HALIDAY A.H., 1833 - *An essay on the classification of the parasitic Hymenoptera, etc. (Continued).* - Entomological Magazine, 1: 333-350.
- HASSAN H. BASSIM, AL-JBOORY, AL-RUBEAI H. F., VIGGIANI G., 2004 - *Pseudoligosita babylonica n. sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae), egg parasitoid of Ommatissus lybicus Bergevin (Homoptera: Tropiduchidae) in Iraq.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 59: 75-78.
- HERATY M. J., BURKS R. A., CRUAUD A., GIBSON A. P. G., LILJEBLAD J., MUNRO J., RASPLUS Y.-J., DELVARE G., JANSTA P., GUMOVSKY A., HUBER J., WOOLLEY B. J., KROGMANN L., HEYDON S., POLASZEK A., SCHMID S., DARLNG C. D., GATES M. W., MOTTERN J., MURRAY E., DAL MOLIN A., TRIAPITSYN S., BAUR H., PINTO D. J., VAN NOORT S., GEORGE J., YODER M., 2013 - *A phylogenetic analysis of the megadiverse Chalcidoidea (Hymenoptera).* - Cladistics, 29: 466-542.
- ISHII T., 1941- *The species of Trichogramma of Japan, with description of two new species.* - Kontyu, 14: 169-176.
- KRYGER J. P., 1919 - *The European Trichogramminae.* - Entomologiske Meddelelser, 12: 257-354.
- LAUDONIA S., VIGGIANI G., BIONDI S., 2017 - *A new species of Poropoea Foerster from Africa (Hymenoptera, Chalcidoidea, Trichogrammatidae).* - ZooKeys, 658: 81-87.
- LIN NAIQUAN, 1994 - *Systematic Studies of Chinese Trichogrammatidae.* - Contribution of the Biological Control Research Institute, Fujian Agricultural University. Special Publication, 4: 1-362 pp.
- MUNRO B. J., HERATY M. J., BURKS A. R., HAWKS D., MOTTERN J., CRUAUD A., RASPLUS J.-Y., JANSTA P., 2011 - *A molecular phylogeny of the Chalcidoidea (Hymenoptera).* - Plos ONE, 6: e27023.
- NAGARKATTI S., NAGARAJA H., 1971 - *Redescriptions of some known species of Trichogramma (Hymenoptera: Chalcidoidea), showing the importance of male genitalia as diagnostic character.* - Bull. Entom. Res., 61: 13-31.
- NEDOLUZHKO A. V., SHARKO F. S., BOULYGINA E. S., TSYGANKOVA S. V., SOKOLOV A. S., MAZUR A.M., POLILOV A. A., PROKHORTCHOUK E. B., SKRYABIN K. G., 2016 - *Mitochondrial genome of Megaphragma amalphantum (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Mitochondrial DNA, part A, 27: 4526-4527.
- NOVITZKY S., 1962 - *Trichogrammatidae – I più piccoli insetti alati.* - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, rendiconti, 10: 133-137.
- NOWICKI S., 1927 - *Descriptions of a new genus and of new species of the superfamily Chalcidoidea (Hymenoptera).* - Polskie Pismo Entom., 6: 100-119.
- NOWICKI S., 1933 - *Upon the genera Ophioneurus Ratz. and Lathromerella Girault (Hym. Chalc. Trichogrammatidae).* - Polskie Pismo Entom., 6: 100-119.
- NOWICKI S., 1935 - *Descriptions of new genera and species of the family Trichogrammatidae from the Palearctic region, with notes. I.* - Zeit. Angew. Ent. Berlin, 21: 566-596.
- NOWICKI S., 1936 - *Descriptions of new genera and species of the family Trichogrammatidae from the Palearctic region, with notes. II.* Zeit. Angew. Ent. Berlin, 23: 114-148.
- NOWICKI S., 1940 - *Descriptions of new genera and species of the family Trichogrammatidae (Hym. Chalcidoidea) from the Palearctic Region, with notes - Supplement.* - Zeit. Angew. Ent. Berlin, 26: 624-663.
- NOWICKI S., 1946. *Weitere beschreibungen von Trichogrammiden.* - Zbl. Ges. Geb. Ent., 1: 44-50.
- NOYES J.S., 2024 - *Universal Chalcidoidea database.* URL www.nhm.ac.uk/e.ntomology/chalcidoids/index.html.
- OWEN, A. K., 2011 - *Revision of Ufens Girault, 1911 (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - University of

- California Publications in Entomology, 131:1-164.
- OWEN A. K., GEORGE J., PINTO J. D., HERATY J. M., 2007 - *A molecular phylogeny of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with an evaluation of the utility of their male genitalia for higher level classification.* - Systematic Entomology, 32: 227-251.
- PINTO J. D., 1999 - *Systematics of the North American species of Trichogramma Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Mem. Entom. Soc. Washington, (1998), 22: 287 pp.
- PINTO J. D., 2006 - *A review of the New World genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera).* - J. Hym. Res., 15 (1): 38-163.
- PINTO J. D., VIGGIANI G., 1987 - *Two new Trichogrammatidae (Hymenoptera) from North America: Ittysella lagunera Pinto and Viggiani (n.gen., n.sp.) and Epoligosita mexicana Viggiani (sp.n.).* - Pan Pacific Entom., 63: 371-376.
- PINTO J. D., VIGGIANI G., 1991 - *A taxonomic study of the genus Ceratogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Proc. Entomol. Soc. Wash., 93: 719-732.
- PINTO J. D., VIGGIANI G., 2004 - *A review of the genera of Oligositini (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with a preliminary hypothesis of phylogenetic relationships.* - J. Hym. Research, 13: 269-294.
- POLASZEK A., FUSU L., VIGGIANI G., HALL A., HANSON P., 2022 - *Revision of the world species of Megaphragma Timberlake (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Insects 13, 561: 1-65.
- POLILOV A. A., 2012 - *The smallest insects evolve anucleate neurons.* - Arthropod Structures and Development, 41: 29-34.
- POLILOV A. A., 2016 - *At size limits – Effects of Miniaturization in insects.* - Springer International Publishing, Cham, Switzerland: 325 pp.
- POLILOV A. A., 2017 - *Anatomy of Adult Megaphragma (Hymenoptera: Trichogrammatidae), one of the smallest insects, and new insight into insect miniaturization.* - PLoS ONE, 12, e0175566.
- QUERINO R. B., HAMADA N., 2009 - *An aquatic microhymenopterous egg-parasitoid of Argia insipida Hagen in Selys (Odonata: Coenagrionidae) and biological observations in the central Amazon, Brasil.* - Neotropical Entomology, 38 (3): 346-351.
- VELÁSQUEZ DE RÍOS M., VIGGIANI G., 2007 - *Descripción de Lathromeroidea araguensis y registro de Adelogramma Pinto, nuevo género para Venezuela (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Interciencia, 32: 460-462.
- VELASQUEZ DE RIOS M., VIGGIANI G., 2009. *Pseuduscana singularis sp. n. y registro de Nicolavespa Pinto (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nuevo género para Venezuela.* - Entomotropica, 24: 123-126.
- VIGGIANI G., 1968a - *Considerazioni sulla classificazione dei Trichogrammatidae.* - Atti VII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Verona, settembre 1967: 145-146.
- VIGGIANI G., 1968b - *Nuove specie di Trichogrammatidae. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XVII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 26: 251-262.
- VIGGIANI G., 1969a - *Sulle specie paleartiche del genere Epoligosita Grt. (Trichogrammatidae), con descrizione di una nuova specie. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XXI. - Entomologica, 5: 51-56.
- VIGGIANI G., 1969b - *Ridescrizione dei Trichogrammatidae descritti da J. Risbec. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XXII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 27: 187-209.
- VIGGIANI G., 1971a - *The significance of the male genitalia in the Trichogrammatidae (Hym. Chalcidoidea).* - Proc. XIII Int. Congr. Ent. Moscow, 2-9 August 1968, 1: 313-315.
- VIGGIANI G., 1971b - *Studio morfologico comparativo dell'armatura genitale esterna maschile dei Trichogrammatidae. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XXVIII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 29: 181-222.
- VIGGIANI G., 1971c - *A new species of Chaetostricha Walk. from Africa. Researches on the Hymenoptera Chalcidoidea.* XXVI. - J. Ent. Soc. South Africa, 34 : 33-35.
- VIGGIANI G., 1971d - *Una nuova specie africana del genere Oligosita Walk. (Hym. Trichogrammatidae) parassita oofago di Coelaenomenodera elaeidis Maul. (Col. Hispidae) nella Costa d'Avorio. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XXX. - Boll. Soc. Ent. It., 103: 152-155.
- VIGGIANI G., 1974 - *Ophioneurus longiclavatus n. sp. (Trichogrammatidae), parassita oofago di Rhynchites auratus (Scop.). Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* XLIV. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 31: 192-196.
- VIGGIANI G., 1976a - *Materiali per una revisione del genere Oligosita Walk. (Trichogrammatidae). I. Le specie australiane descritte da A. A. Girault. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* L. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 33: 188-218. 114.
- VIGGIANI G. 1976b - *Descrizione di Eteroligosita tamaricis n. gen., n. sp. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* LIII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 33: 265-271.
- VIGGIANI G. 1979a - *Description of Trichogrammatoidea eldanae n. sp. (Hym. Trichogrammatidae), parasite of Eldana saccharina Wlk. (Lep. Pyralidae) in Ivory Coast, with notes on Trichogrammatoidea nodicornis (Westw.). Studies on the Hymenoptera Chalcidoidea.* LXIII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 36: 108-111.
- VIGGIANI G., 1979b - *Uscana spermophagi n. sp. (Trichogrammatidae), parassita di Spermophagus sericeus Geoffr. (Col. Bruchidae). Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea.* LXII. - Boll. Lab. Ent. agr. “Filippo Silvestri”, 36: 51-54.
- VIGGIANI G., 1980 - *Two new species of Oligosita Walk. (Trichogrammatidae), egg-parasites of Hispids (Coleoptera) in Madagascar. Researches on Hyme-*

- noptera Chalcidoidea. LXIV.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 37: 3-7.
- VIGGIANI G., 1981 - *Note su alcune specie di Oligosita Walker (Hym. Trichogrammatidae) e descrizione di quattro nuove specie. Ricerche sugli Hymenoptera Chalcidoidea. LXXVI.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 38: 125-132.
- VIGGIANI G., 1982 - *Gli ospiti di Oligosita Walker e descrizione di Oligosita servadeii sp. n.* - Mem. Soc. Ent. It. (1981), 60: 357-361.
- VIGGIANI G., 1982b - *Description of Hayatia, n. gen., n. sp. (Hymenoptera Trichogrammatidae) from India. Researches on Hymenoptera Chalcidoidea. LXXIX.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 39: 27-29.
- VIGGIANI G., 1984 - *Further contribution to the knowledge of the male genitalia in the Trichogrammatidae (Hym. Chalcidoidea). Researches on Hymenoptera Chalcidoidea. LXXXII.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 41: 173-182.
- VIGGIANI G., 1985a - *A new species of Zagella (Hym. Trichogrammatidae) from Florida.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 42: 15-17.
- VIGGIANI G., 1985b - *Parassiti oofagi delle cicaline delle querce: Epiligosita vera Viggiani.* - Atti XIV Congr. Naz. It. Ent., Palermo-Erice-Bagheria, 28 maggio-1 giugno 1985: 867-872.
- VIGGIANI G., 1987a - *Description of a new species of Usana Girault from Congo, with notes on other species (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 43 (1986): 7-10.
- VIGGIANI G., 1987b - *Notes on Oligosita pallida Kryger and on other species of the group minima Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Redia, 70: 543-547.
- VIGGIANI G., 1989a - *Description of Pintoa nearctica, gen. nov., sp. nov. (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri" (1988), 45: 23-29.
- VIGGIANI G., 1989b - *Ufensia minuta sp. n., (Hymenoptera: Trichogrammatidae), ooparasitoide di Reuteria marqueti Puton (Hemiptera: Miridae), con note sulle specie paleartiche del genere Ufensia Girault.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri" (1988), 45: 15-21.
- VIGGIANI G., 1989a - *A preliminary classification of the Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea) based on the external male genitalic characters.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 45 (1988): 141-148.
- VIGGIANI G., 1991 - *Structure of the male genitalia and mating behaviour in Lymaenon terebrator (Förster) (Hymenoptera: Mymaridae). Insect Parasitoids. 4th European Workshop - Perugia 3-5 April, 1991.* - Redia, 74, "Appendice": 365-371.
- VIGGIANI G., 1992 - *New species of Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from South America.* - Redia, 75: 253-265.
- VIGGIANI G., 1994a - *L'armatura genitale esterna maschile di alcune specie di Anaphes Haliday (Hymenoptera Mymaridae).* - Mem. Soc. ent. ital., Genova (1993), 72: 469-483.
- VIGGIANI G., 1994b - *Notizie preliminari su un Megaphragma (Hymenoptera: Trichogrammatidae), ooparasitoide di Heliothrips haemorrhoidalis Bouché (Thysanoptera: Tripidae) in Italia.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri" (1992), 49: 203-206.
- VIGGIANI G., 1997 - *Notes on the type of Megaphragma Timberlake (Hymenoptera: Trichogrammatidae), with description of a new species.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 53: 117-122.
- VIGGIANI G., 2002a - *History and classification of the Trichogrammatidae.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri" (2001), 57: 41-53.
- VIGGIANI G., 2002b - *A species of Megaphragma (Hymenoptera: Chalcidoidea: Trichogrammatidae), one of the smallest known insects, new for Italy.* - Boll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II, 34: 449-452.
- VIGGIANI G., 2004 - *A new species of Pseudoligosita Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Australia.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 59: 83-86.
- VIGGIANI G., 2004 - *A further contribution to the knowledge of the male genitalia in the Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea).* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 59: 59-74.
- VIGGIANI G., 2011 - *Notes on the collection of Mymaridae and Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of S. Nowicki and on some Aphelinioidea (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Frustula entomologica (2009), n.s. XXXII (XLV): 101-110.
- VIGGIANI G., 2019 - *New genera, species, and records of Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea).* - Fragmenta entomologica, 51 (2): 161-186.
- VIGGIANI G., 2021a - *Genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera Chalcidoidea) of the United Arab Emirates with description of three new species.* - Bulletin of Insectology, 74: 41-54.
- VIGGIANI G., 2021b - *Biological notes on some egg parasitoids of Phaneroptera nana Fieber, 1853 (Orthoptera Tettigoniidae) with description of a new species of Aprostocetus Westwood, 1833 (Hymenoptera Eulophidae) from Italy.* - Biodiversity Journal, 12: 289-295.
- VIGGIANI G., BATTAGLIA D., 1984 - *Male genitalia in the Aphelinidae (Hym. Chalcidoidea). Researches on Hymenoptera Chalcidoidea. LXXXV.* - Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri", 41: 149-171.
- VIGGIANI G., BERNARDO U. 1997 - *Two species of Megaphragma (Hymenoptera Trichogrammatidae), egg-parasitoids of Heliothrips haemorrhoidalis Bouché (Thysanoptera) in southern Italy, with description of a new species.* - Boll. Zool. agr. Bach. Ser. II, 29: 51-55.
- VIGGIANI G., FILELLA F., 2019 - *First record of Bloodiella Nowicki, 1935 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Italy.* - Journal of Entomological and Acarological Research, 51: 74-76.
- VIGGIANI G., FILELLA F., BERNARDO U., 2021 - *The egg endoparasitoids of Macrolenes dentipes (Olivier)*

- (Coleoptera: Chrysomelidae), with description of a new species *Aprostocetus Westwood* and notes on its host (Hymenoptera: Eulophidae). - *Fragmenta entomologica*, 53: 57-64.
- VIGGIANI G., HAYAT M., 1974 - *New Trichogrammatids from India (Hymenoptera: Chalcidoidea). Researches on the Hymenoptera Chalcidoidea. XLIII.* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"*, 31: 145-151.
- VIGGIANI G., LAUDONIA S., 1994 - *Description of a new species of Lathromeris Förster (Hymenoptera: Trichogrammatidae) larval parasitoid of Lasioptera sp. (Diptera: Cecidomyiidae).* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"* (1992), 49: 169-172.
- VIGGIANI G., LUFT ALBARRACIN E., VIRLA E., 2009 - *The species of Megaphragma Timberlake (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Argentina.* - *Zootaxa*, 2308: 65-68.
- VIGGIANI G., PINTO J., 2003 - *Description of Sinepalpigramma, a new genus of Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), including two new species.* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"*, 58 (2002): 117-122.
- VIGGIANI G., REN H., 1986 - *A new species of Epiligosita Girault from China.* - *Entomotaxonomia*, 8: 245-246.
- VIGGIANI G., SUBBA RAO B. R., 1978 - *Notes on some trichogrammatid parasites associated with rice pests in Thailand with description of a new species. Studies on Hymenoptera Chalcidoidea. LVIII.* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"*, 35: 3-7.
- VIGGIANI G., VELASQUEZ DE RIOS M., 2004 - *Description of Pteroanomalogramma singulare n. gen., n. sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Venezuela.* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"*, 59: 87-91.
- VIGGIANI G., VELASQUEZ DE RIOS M., 2006 - *New Trichogrammatidae (Hymenoptera) from Venezuela.* - *Boll. Lab. Ent. agr. "Filippo Silvestri"*, 61: 25-46.
- VIRLA G. E., ALBARRACIN L. E., TRIAPITSYN S. V., VIGGIANI G., LOGARZO G.A., 2009 - *Description and biological traits of a new species of Paracentrobia (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of the sharpshooter Tapajosa rubromarginata (Hemiptera: Cicadellidae) in Argentina.* - *Studies on Neotropical fauna and Environment*, 44: 47-53.
- WALKER F., 1851 - *Notes on Chalcidites, and descriptions of various new species.* - *Annals and Magazine of Natural History*, 7: 210-216.
- WALKER F., 1872 - *Notes on Chalcidiae. Part 6:* 90-105.
- WESTWOOD J.O., 1833 - *Descriptions of several new British forms amongst the parasitic hymenopterous insects.* - *The London, Edinburg and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 2: 443-445.
- YOUSUF M., SHAFEE A., 1987 - *Taxonomy of Indian Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea).* - *Indian J. syst. Ent.*, 4: 55-200.

STRATEGIE DI *HABITAT MANAGEMENT* SU SCALA AZIENDALE PER LA GESTIONE DEI FITOFAGI E LA CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ

GIOVANNI BURGIO^a

^a Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

Sintesi della lettura tenuta nella Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 16 novembre 2024

Le strategie di *habitat management* comprendono la gestione delle infrastrutture ecologiche e le pratiche agronomiche, indirizzate entrambe all'attivazione di servizi multifunzionali in azienda, sia nell'ambito della produzione che della difesa. In questo intervento, sono curati soprattutto gli aspetti legati alle interazioni multitrofiche che hanno lo scopo di sostenere la biodiversità funzionale e contribuire, in particolare, al contenimento delle specie dannose al di sotto della soglia di dannosità.

L'intervento ha anche lo scopo di evidenziare l'importante ruolo dell'entomologia nell'ambito di un «approccio agroecologico» della difesa, stimolato e favorito dalla nascita del controllo integrato e dalla conseguente visione olistica della gestione degli insetti dannosi. Esempi storici sull'esigenza di preservare la componente non coltivata, mediante un approccio agroecologico, per potenziare la lotta biologica e la fauna utile, partono dagli anni '60 e continuano nei due decenni successivi (GRANDI, 1961; DELUCCHI, 1997), parallelamente alle innovazioni portate dalla difesa integrata. In seguito, si assiste a un aumento esponenziale di studi, grazie ai fondatori della scuola di agroecologia (ALTIERI, 1991; GLIESSMANN, 1990), allo sviluppo dell'agricoltura biologica, e alla nascita della *landscape ecology*, che analizza le dinamiche della biodiversità funzionale sulla scala spaziale di paesaggio. Da considerare che nella scuola anglosassone, *habitat mana-*

gement viene sempre più considerato un sinonimo di controllo biologico conservativo (GURR *et al.*, 2017).

Nonostante *habitat* e *landscape* designino due scale spaziali differenti, questi ambiti sono intimamente legati, in quanto esiste una intermodulazione fra l'incremento della complessità ecologica su scala locale e la macro-scala (BURGIO *et al.*, 2020). Le infrastrutture ecologiche locali, proiettate nella macro-scala, vanno infatti a costituire la struttura del paesaggio e la complessità delle relative reti ecologiche, che influenzeranno a loro volta gli interventi su scala locale. All'aumento dell'*alfa* e *beta* diversità, conseguenti ad esempio agli interventi agroecologici locali, corrisponde un incremento di resilienza (influenzata particolarmente dalla componente *beta*), che andrà a caratterizzare un determinato paesaggio agrario. Studi e metanalisi, supportati anche da approcci modellistici (es. YACHI and LOREAU, 1999), hanno mostrato come la resilienza costituisca un vero e proprio *insurance potential*, in altre parole una «garanzia» per tamponare la perdita di funzioni ecosistemiche (es controllo biologico, impollinazione), causata dall'instabilità ambientale e climatica, e dal disturbo tipico degli agroecosistemi. L'importanza di mantenere o potenziare la diversità funzionale a diverse scale è quindi particolarmente cruciale in un'era, come la presente, messa pesantemente in crisi dagli effetti devastanti del clima e dalle conseguenze am-

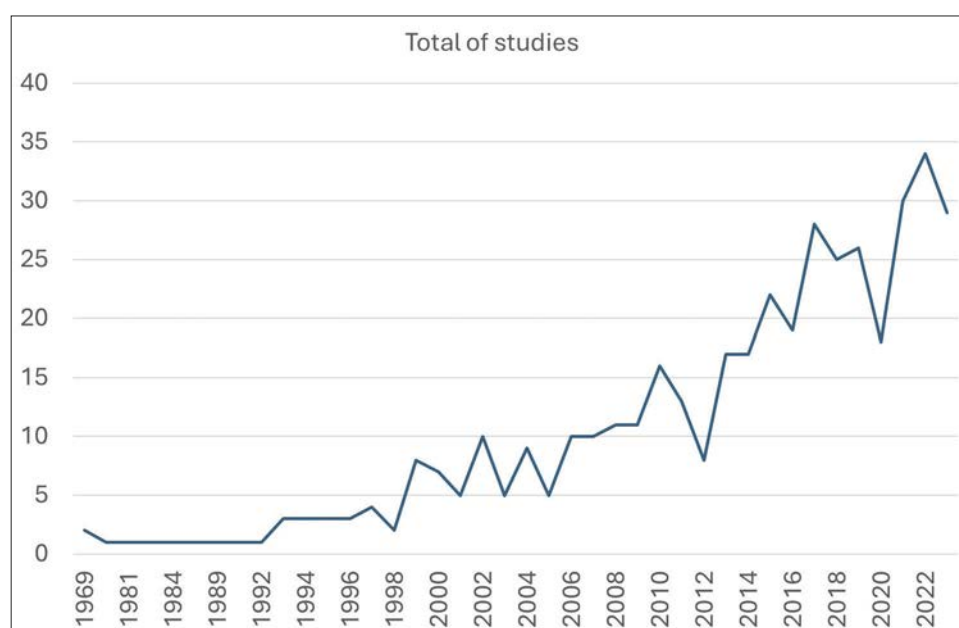


Fig. 1 - Andamento cronologico degli studi su infrastrutture ecologiche e interventi agro-ambientali nell'ambito della biodiversità funzionale. Ricerca bibliografica da *Google Scholar* (MAGAGNOLI E ZAVATTA, *in prep.*).

bientali causate dall'uso intensivo dei pesticidi.

Molti studi hanno da tempo dimostrato come l'aumento di resilienza ambientale sia correlato a due importanti aspetti: 1. aumento del *buffering*, ovvero diminuzione della varianza (variabilità) nel tempo del servizio ecosistemico; 2. incremento della *performance*, cioè aumento nel tempo del servizio ecosistemico (es. controllo biologico) (YACHI and LOREAU, 1999).

Seguendo un approccio applicativo, la gestione locale degli habitat aziendali in senso ampio (il cosiddetto *farmscaping*), può mitigare i fitofagi mediante effetti *top-down* (=valorizzando il terzo livello trofico e quindi gli entomofagi), o effetti *bottom-up* (mitigando direttamente le popolazioni dei fitofagi) (GURR *et al.*, 2017). Tenere conto di questi aspetti riveste una notevole importanza pratica, per finalizzare gli interventi secondo una pianificazione razionale ed evitare potenziali disservizi, che vanno tenuti sempre in considerazione, ed evitati, in ogni intervento. I piani di intervento agroambientale su scala aziendale (*habitat management*) dovrebbero tenere conto, in via definitiva, dei seguenti aspetti:

- obiettivi (controllo fitofagi, impollinazione, benefici polifunzionali, conservazione fauna utile, ottenimento sussidi e contributi);
- colture riceventi (alle quali sono legati i fitofagi da gestire, caratterizzati da diverse soglie economiche);
- ambiente ricevente (la cui semplificazione, o relativa complessità, influenzerà gli interventi stessi);
- potenziali disservizi (in molti casi, colture con soglie di dannosità molto basse o infestate da fitomizi vettori di malattie potranno rendere più complessi gli interventi, delimitandone in certi casi i limiti applicativi).

Valutando in maniera finalizzata gli interventi di *farmscaping*, risulterà basilare contestualizzare queste strategie nei disciplinari di difesa, per sfruttarne a pieno i benefici ed evitare disservizi causati dall'utilizzo intensivo di insetticidi e dall'impiego, in particolare, di prodotti non selettivi per la fauna utile. È stato dimostrato infatti come, in certi casi, l'uso intensivo degli insetticidi possa impattare sui servizi ecosistemici (es. parassitizzazione) in maniera maggiore rispetto alla perdita di habitat e di complessità ecologica, come è stato dimostrato in studi eseguiti in alcuni sistemi colturali (JONSSON *et al.*, 2012).

Nella lettura viene illustrata una panoramica sulla moltitudine di interventi di *farmscaping* nel nostro paese (molti esempi riguardano applicazioni in nord Italia), valutandone le potenzialità di trasferimento, i sistemi colturali tradizionalmente più legati al loro utilizzo, alcuni aspetti critici legati alla loro applicazione, e le forme di finanziamento che ne hanno favorito l'uso (es. schemi agro-ambientali, *Greening*, Programmi di Sviluppo Rurale, PAC) (BURGIO *et al.*, 2020). La trattazione prende in rassegna: -interventi ecologici basati sulla gestione dei *field margin complex*; gestioni basate sull'uso più recente delle piante nettarifere seminate (MAGAGNOLI *et al.*, 2024); strategie di *habitat management* nel vigneto (DUSO *et al.*, 2004; ALTIERI *et al.*, 2010). Vengono anche trattati interventi con effetti *bottom-up* (es. piante trap-

pola), fornendo una panoramica sui loro utilizzi e le loro potenzialità nella difesa (SCAGLIARINI *et al.*, 2023).

La lettura si conclude con un'analisi degli aspetti, compresi quelli critici, legati alle loro potenzialità applicative. Emerge un ricco tesoro di conoscenze, che sono sicuramente basilari in vista del *Green deal*, un tema tutt'ora dibattuto e discusso. Gli interventi agroambientali sono stati spesso applicati in seguito a forme di contributo ed è essenziale un maggiore coinvolgimento di imprenditori agricoli. L'agricoltura biologica sembra il contesto di applicazione «naturale» di *farmscaping* basato su interventi agroambientali, anche se modelli di produzione integrata a stampo ecologico (THOMAS, 1999) possiedono interessanti potenzialità di utilizzo, a patto di applicare piani di difesa realmente sostenibili. L'interesse dei privati e dell'industria agro-alimentare, attraverso iniziative di trasferimento in azienda, non è da sottovalutare, come alcuni casi dimostrano (MAGAGNOLI *et al.*, 2024). A fronte di una letteratura imponente e di molta conoscenza, emerge l'esigenza di redigere disciplinari aggiornati sulle strategie di *farmscaping* con effetti dimostrati nella gestione di fitofagi. Il disciplinare integrato soffre infatti della mancanza di indicazioni precise che coinvolgono il *farmscaping* e che possano affiancare i disciplinari di produzione e difesa; e per l'agricoltura biologica, i disciplinari comprendono solo indicazioni generali e generiche sulla gestione ecologica in azienda. La multifunzionalità di alcuni interventi potrebbe risultare un aspetto vincente e *convincente*, in un'ottica di trasferimento in azienda.

Il supporto agro-ambientale fornito dalle «aree interesse ecologico» spesso agisce in favore non solo del controllo biologico conservativo ma anche di quello classico, come recenti progetti nazionali e internazionali dimostrano (es. MASETTI *et al.*, 2023). Per concludere, nella lettura è sottolineata una interessante interazione fra *habitat management* e *chemical ecology*, indicata da molti come una prospettiva futuribile per l'attuazione della strategia chiamata *attract & reward* (SIMPSON *et al.*, 2011), che vede l'interazione fra l'agroecologia e i semiochimici coinvolti nel controllo biologico.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI M. A., 1991- *Agroecologia*. Prospettive scientifiche per una nuova agricoltura, Franco Muzzio & C. Editore.
- ALTIERI, M.A., NICHOLLS, C.I., WILSON, H., MILES, A., 2010 - *Habitat Management in Vineyards. A Growers Manual for Enhancing Natural Enemies*. Berkeley, USA, Laboratory of Agroecology, College of Natural Resources University of California.
- BURGIO G., MAGAGNOLI S., BAZZOCCHI C., 2020 - *Le infrastrutture ecologiche in agroecologia: analisi delle ricadute sulla biodiversità funzionale*. - Bioreport, 2020: 273-297.
- DELUCCHI V., 1997 - *Una nuova frontiera: la gestione ambientale come prevenzione*. In: Atti della Giornata sulle strategie bio-ecologiche di lotta contro gli organismi nocivi (Prota R., Pantaleoni R. A., Eds): 35-

57. Sassari, 11 aprile 1997, CNR, Sassari.
- DUSO C., MALAGNINI V., PAGANELLI A., ALDEGHERI L., BOTTINI M., OTTO S., 2004 - *Pollen availability and abundance of phytoseiid mites on natural and secondary hedgerows*. - BioControl, 49: 297-415.
- GLIESSMAN S., 1990 - *Agroecology: research the ecological basis for sustainable agriculture*. Madison (Wi), Springer-Verlag New York Inc.
- GRANDI G., 1960 - *Gli insetti, i loro fattori di mortalità, gli equilibri biologici e le loro conseguenze su questi dell'intervento dell'uomo*. Accademia nazionale dei Lincei. Atti del convegno sul tema: Equilibri biologici e insetticidi.
- GURR G.M., WRATTEN S.D., LANDIS D.A., YOU M., 2017 - *Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects*. - Annual Review of Entomology, 62: 91-109.
- JONSSON M., BUCKLEY H.L., CASE B.S., WRATTEN S.D., HALE R.J., DIDHAM R.K., 2012 - *Agricultural intensification drives landscape-context effects on host-parasitoid interactions in agroecosystems*. - Journal of Applied Ecology, 49, 706-714.
- MAGAGNOLI S., BOSI S., NEGRI L., DINELLI G., BURGIO G., MASETTI A., 2024 - *Flowering areas enhance insect pollinators and biological control agents in wheat intensive agro-ecosystems*. - Insect Conservation and Diversity, 17:884-893.
- MASETTI A., ET AL., 2023 - *Effects of Trissolcus japonicus releases on the distribution and parasitism rate of Halyomorpha halys egg parasitoids in Emilia-Romagna region, Northern Italy*. XII European Congress of Entomology (ECE 2023). Heraklion, Creta, Grecia, 16-20 ottobre 2023.
- SCAGLIARINI O., FERRARI R., MASETTI A., BURGIO G., 2023 - *Trap cropping: An agroecological approach to management of flea beetles on sugar beet*. - Crop Protection, 166, 106174.
- SIMPSON M., GURR G.M., SIMMONS A.T., WRATTEN S.D., JAMES D.G., LEESON G., NICOL H.I., ORRE-GORDON G.U.S., 2011 - *Attract and reward: combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control infield crops*. - Journal of Applied Ecology, 48, 580-590.
- THOMAS M.B., 1999 - *Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management*. - Proc. Natl. Acad. Sci., USA, Vol. 96: 5944-5951, May 1999.
- YACHI S., LOREAU M., 1999 - *Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis*.

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE, 16 FEBBRAIO 2024

Tavola Rotonda su:

INTEGRAZIONE DI SEMIOCHIMICI E SEMIOFISICI PER LO SVILUPPO DI SISTEMI INNOVATIVI MULTIMODALI
PER LA PROTEZIONE, IL MONITORAGGIO E IL CONTROLLO DI INSETTI DI INTERESSE AMBIENTALE ED AGRARIO

Coordinatore:

ACCADEMICO GIANFRANCO ANFORA

COLLEGARE LA BIOTREMOLOGIA E LA CHIMICA ECOLOGICA: LA PROPOSTA DI UN NUOVO LESSICO PER LA COMUNICAZIONE VIBRAZIONALE TRA ORGANISMI

VALERIO MAZZONI^a - RACHELE NIERI^b - MARCO VALERIO ROSSI-STACCONI^a
CLAUDIO IORIATTI^a - GIANFRANCO ANFORA^{a, b}

^a Centro Ricerche e innovazione, Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN)

^b Centro Agricoltura Alimenti Ambiente, Università di Trento, Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN)

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario". Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Connecting biotremology and chemical ecology: proposing a new terminology for vibrational communication among organisms

Biotremology, the study of vibrational communication through solid substrates, has gained recognition as a distinct scientific discipline. This article explores how biotremology parallels chemical ecology in studying inter- and intraspecific interactions mediated by physical or chemical signals. A new lexicon is proposed, introducing the terms "pherodones" for intraspecific vibrational signals and "allelodones" for interspecific signals, categorized into "kairodones," "allodones," and "synodones" based on their effects on emitter and receiver. These definitions align with established ecological chemical concepts, enhancing interdisciplinary communication. The potential applications of this framework are discussed, including sustainable pest control strategies combining vibrational and chemical signals.

KEY WORDS: Biotremology, chemical ecology, vibrational communication, pherodones, pest control

INTRODUZIONE

La **biotremologia** è stata elevata per la prima volta a disciplina a sé stante meno di un decennio fa. È stata separata dalla bioacustica, non solo perché quest'ultima si focalizza sulle onde sonore, trasmesse attraverso i fluidi, mentre la biotremologia si occupa della comunicazione vibrazionale, cioè delle onde che viaggiano attraverso i substrati solidi, ma anche perché gli organi e apparati deputati all'emissione e ricezione dei segnali vibrazionali sono spesso del tutto distinti dal comparto sonoro (HILL & WESSEL, 2016).

Per quanto la definizione precisa di biotremologia sia ancora oggetto di discussione, al momento quella che sembra la più condivisa tra gli esperti del settore è la seguente: **disciplina scientifica che si occupa dello studio delle vibrazioni - sia biotiche che abiotiche - che viaggiano attraverso i substrati e che interagiscono con gli organismi modificandone il comportamento e/o la fisiologia.**

Tra tutti gli animali, gli artropodi e in particolare gli insetti sono ritenuti il gruppo che ne fa più largo uso. Siccome interagire efficacemente con le vibrazioni richiede un adattamento ai vincoli imposti dalle proprietà dei materiali ed è condizionato dalla dimensione dello spazio attivo dei segnali, questo ha portato a forti associazioni tra gli animali e il loro ambiente. Tali associazioni massimizzano l'efficacia della comunicazione nel loro habitat. Di conseguenza molte specie hanno sviluppato nella loro evoluzione particolari adattamenti morfologici

e sensoriali per percepire e sfruttare a loro vantaggio le vibrazioni ambientali (COCROFT & RODRIGUEZ, 2005; VIRANT-DOBERLET *et al.*, 2023).

Oltre agli animali, tra cui molti vertebrati, la biotremologia si estende anche alle piante e ai funghi. Infatti, in contrasto con la visione prevalente precedente che le considerava entità passive, o al più il substrato privilegiato attraverso cui passavano segnali vibrazionali, recenti studi hanno dimostrato come le piante possano estrarre informazioni preziose dalle vibrazioni e rispondere con modifiche sostanziali della loro fisiologia. Ad esempio, in risposta a stimoli vibrazionali derivanti dall'attacco di un fitofago che mastica una foglia, la pianta può attivare dei percorsi metabolici con cui difendersi (APPEL & COCROFT, 2023); mentre i funghi producono i corpi fruttiferi in risposta a vibrazioni ambientali (KOBAYASHI *et al.*, 2023).

PARALLELISMI EVIDENTI CON LA CHIMICA ECOLOGICA

I **'feromoni'** sono stati un pilastro nella gestione dei parassiti, prima con l'introduzione di trappole per il monitoraggio, e quindi con la registrazione di prodotti per la confusione sessuale dalla fine degli anni '70 (DOANE & BROOKS, 1981). Attualmente, le strategie di controllo dei parassiti basate sull'impiego di dispenser di feromoni sono largamente diffuse e ben note agli agricoltori. Tale successo è in parte legato anche all'uso di una terminologia unitaria e condivisa. Infatti, in chimica ecologica è definito come **'semiochimico'** uno stimolo chimico, di

solito volatile, in grado di indurre una risposta, comportamentale o fisiologica, in un individuo ricevente. Il più noto tra i semiochimici è certamente il feromone (KARLSON & LÜSCHER, 1959), la cui etimologia combina due termini del greco classico: φέρειν (pronunciato *pherein*), che significa ‘trasferire’, e ὄρμαο (pronunciato *ormao*, da cui deriva il suffisso ‘-mone’), associato al concetto di ormone, anche se in realtà un feromone non è un ormone, in primo luogo, essendo prodotto da ghiandole esocrine.

I feromoni regolano interazioni intraspecifiche e sono classificati in base ai loro effetti sul comportamento (ad esempio, attrazione sessuale, allerta e aggregazione). In seguito, il suffisso ‘-mone’ è stato esteso anche a composti chimici che mediano interazioni interspecifiche, definiti pertanto ‘**allelochimici**’ (WHITTAKER & FEENY, 1971). Questi sono a loro volta ripartiti in tre sottocategorie a seconda degli effetti positivi/negativi che essi inducono nell’emittente e nel ricevente del segnale: (1) gli ‘**allo-moni**’ comportano un vantaggio per l’emittente a scapito del ricevente; i ‘**kairomoni**’ un vantaggio nel ricevente a scapito dell’emittente (BROWN *et al.*, 1970), e i ‘**sino-moni**’ che comportano un beneficio reciproco (DICKE & SABELIS, 1988). Queste categorizzazioni possono essere facilmente applicate anche ad altre modalità sensoriali, come quelle legate agli stimoli fisici. In effetti, i segnali vibrazionali e sonori sono stati inclusi nella categoria dei ‘**semiofisici**’ insieme ai segnali luminosi (luci e colori) (NIERI *et al.*, 2022). Il passo successivo è quindi procedere con un ulteriore arricchimento del lessico, completando l’allineamento e quindi costruendo un saldo ponte tra biotremologia e chimica ecologica.

NUOVE DEFINIZIONI

La nuova terminologia proposta per i segnali vibrazionali, basandosi sulla chimica ecologica, mantiene il prefisso fero- di quest’ultima, incorporando un nuovo suffisso ‘-done’, dal greco classico ‘δονέω’ (pronunciato ‘doneo’), che significa ‘far vibrare’. Si possono distinguere così le categorie dei ferodoni e allelodoni.

Ferodoni: segnali vibrazionali che vengono emessi da un organismo e mediano interazioni intraspecifiche. Esempi di comportamenti regolati dai ferodoni includono allarme, accoppiamento, territorialità, aggregazione e cure parentali.

Allelodoni: vibrazioni che mediano interazioni interspecifiche, siano esse volontarie (segnali) o involontarie (rumori). In base agli effetti sull’emittente e sul ricevente, gli allelodoni possono essere ulteriormente categorizzati nelle seguenti tre classi: (i) **kairodoni**, vibrazioni emesse da un organismo in grado di evocare una risposta nel ricevente che è benefica per il ricevente ma non per l’emittente; (ii) **allodoni**, vibrazioni emesse da un organismo che evocano una risposta nel ricevente che è benefica per l’emittente ma non per il ricevente; e (iii) **sinodoni**, vibrazioni emesse da un organismo che evocano una risposta comportamentale o fisiologica nel ricevente che è benefica sia per l’emittente che per il ricevente.

Al pari dei semiochimici, i ferodoni mediano numerosi comportamenti in diverse specie animali, inclusi vertebrati e invertebrati. Questi segnali sono spesso specie-specifici, e in molti casi stadio-, sesso- o addirittura casta-specifici. Anche leggere variazioni nei caratteri spettrali o temporali del segnale possono influenzare significativamente il risultato finale, come il riconoscimento o la scelta del partner. I ferodoni tipici sono dei segnali con schemi temporali regolari e ripetuti, e una frequenza con struttura armonica.

Al contrario, gli allelodoni, che operano a livello interspecifico, tendono a essere più variabili, con schemi temporali irregolari e spettri di frequenza più ampi, non di rado associati a movimenti come camminare, pulirsi o masticare, piuttosto che a segnali veri e propri. In realtà, come per la comunicazione chimica, un segnale può svolgere ruoli multipli; ad esempio, un ferodone può considerarsi un allelodone nel momento in cui un predatore lo sfrutta per risalire alla posizione della preda.

Qui di seguito presenteremo una carrellata di alcuni comportamenti o situazioni guidate da segnali vibrazionali, ferodoni e allelodoni.

- **Comportamenti sessuali: ferodoni di accoppiamento e rivalità**

I segnali vibrazionali sono ampiamente utilizzati nella comunicazione sessuale, spesso sotto forma di duetti maschio-femmina regolati da precise regole temporali che assicurano alta specificità. Ad esempio, nella cicalina della vite *Scaphoideus titanus*, il duetto inizia con un segnale di chiamata, seguito da tre tipi di duetto: identificazione, localizzazione e corteggiamento, fondamentali per l’accoppiamento. Maschi rivali possono intercettare questi segnali ed emettere ferodoni di disturbo per interrompere il duetto (MAZZONI *et al.*, 2009).

- **Ferodoni territoriali e di allarme**

I ferodoni territoriali segnalano il possesso di un’area, dissuadendo potenziali intrusi. Un esempio è la cicalina fulgoromorfa, *Hyalesthes obsoletus*, i cui maschi emettono vibrazioni per scoraggiare gli antagonisti dal sostare in una certa zona della pianta (MAZZONI *et al.*, 2011). I ferodoni di allarme, invece, consentono una rapida trasmissione di segnali di pericolo. Tra gli esempi presenti in letteratura figurano, tra altri, le api senza pungiglione (Meliponini) (KRAUSA *et al.*, 2021).

- **Ferodoni per il reclutamento alimentare e di interazioni adulti-prole**

Nei sistemi sociali, i segnali vibrazionali favoriscono il reclutamento verso fonti di cibo, come accade in alcune specie di formiche e di api, o l’aggregazione in specie gregarie come certi Membracidi e Lepidotteri (e.g., HÖLLDOBLER & ROCES, 2000; KIRCHNER, 1993). Nei rapporti genitori-prole, i segnali vibratorii facilitano la difesa da predatori come nel caso delle ninfe di Membracidi, che richiamano gli adulti in caso di minacce (HAMEL & COCROFT, 2019). Altro esempio sono i calabroni, le cui larve se affamate emettono

vibrazioni grattando la superficie della celletta per ottenere cibo (ISHAY & LANDAU, 1972).

- **Ferodoni per le interazioni sociali**

Gli insetti sociali usano anche i ferodoni per coordinare le loro complesse comunità. Nelle api, i fuchi immaturi ricevono vibrazioni per stimolare lo sviluppo (BOUCHER & SCHNEIDER, 2009), mentre nelle vespe *Polistes*, vibrazioni antennali influenzano la determinazione delle caste (SURYANARAYANAN *et al.*, 2011). Questi ferodoni, pertanto, possono indurre cambiamenti sia immediati sia a lungo termine, così come accade nei feromoni.

- **Kairodoni**

I kairodoni sono vibrazioni interspecifiche che avvantaggiano il ricevente a scapito dell'emittente. Questo fenomeno è frequente nei rapporti predatore-preda e ospite-parassitoide. Ad esempio, predatori e parassitoidi possono localizzare prede o ospiti intercettando vibrazioni prodotte durante il movimento o la masticazione (MEYHÖFER *et al.*, 1994). Allo stesso modo, le larve di lepidottero possono attivare le difese chimiche nelle piante mettendo in vibrazione le foglie che stanno masticando (APPEL & COCROFT, 2023). Anche i ferodoni emessi da una preda possono essere sfruttati, diventando di fatto dei kairodoni, permettendo ai predatori di individuarla (LAUMANN *et al.*, 2011). Infine, le vibrazioni prodotte da grandi mammiferi della savana durante la masticazione dei rametti di acacia diventano kairodoni nel momento in cui scatenano le formiche che li aggrediscono per evitare la distruzione dei loro nidi (HAGER & KRAUSA, 2019).

- **Allodoni**

Gli allodoni sono segnali che avvantaggiano l'emittente, ma non il ricevente. Un esempio tipico sono le larve di lepidotteri Licenidi, che imitano i ferodoni delle regine per essere accettati nei nidi di formiche, ricevendo protezione e nutrimento dalle operaie (BARBERO *et al.*, 2009). Altri esempi includono i parassitoidi che tamburellano con le antenne la superficie delle piante per rilevare larve e pupe dell'ospite, un fenomeno denominato eco-localizzazione (FISCHER *et al.*, 2021).

- **Sinodoni**

I sinodoni rappresentano segnali vibratorii interspecifici con benefici reciproci per emittente e ricevente. Un esempio è la cosiddetta 'buzz-pollination', dove Apoidei producono vibrazioni di frequenze specifiche per liberare grosse masse di polline da fiori con antere chiuse, guadagnandone come fonte di cibo (DE LUCA & VALLEJO-MARIN, 2013). Un altro esempio di mutualismo riguarda le formiche che, in risposta ai segnali vibratorii da certi Membracidi sotto attacco di predatori, forniscono protezione in cambio di melata (MORALES *et al.*, 2008).

CONCLUSIONI: L'IMPORTANZA DI UN VOCABOLARIO STANDARDIZZATO

L'allineamento della terminologia, in primo luogo con le materie di studio affini, è un processo fondamentale per l'affermazione di una disciplina scientifica. L'ap-

proccio presentato nell'articolo può essere esteso ad altri semiofisici come suoni e luce, ma nella biotremologia ci è parso particolarmente urgente, soprattutto in relazione all'interesse crescente per l'applicazione delle vibrazioni in protezione delle piante per il controllo dei parassiti. Nel 2022, è stata introdotta per la prima volta sul mercato una trappola bimodale che combina feromoni di aggregazione e i ferodoni sessuali. Questa trappola, utilizzata nei confronti della cimice asiatica (*Halyomorpha halys*), rappresenta un progresso significativo nel controllo dei fitofagi ed apre una prospettiva di un utilizzo dei ferodoni per nuove applicazioni, come ad esempio la confusione sessuale vibrazionale già da anni in corso di sperimentazione per il controllo di *Scaphoideus titanus*.

La diffusione della biotremologia dipende in larga parte da un suo riconoscimento da parte della comunità scientifica, ma anche e soprattutto da parte degli stakeholders che operano nel campo della difesa delle colture agrarie. Sviluppare un nuovo vocabolario dedicato ai concetti di biotremologia serve a facilitare la diffusione e l'accettazione di questa disciplina rendendola riconoscibile nei consessi nazionali ed internazionali, e aprendo la prospettiva di attingere a fondi per la ricerca e ad altri investimenti. Così come il termine 'feromone' ha contribuito al successo delle strategie di controllo sostenibile dei parassiti basate sull'uso di segnali chimici, l'introduzione del termine 'ferodone' mira a rappresentare un momento di svolta per l'uso di segnali fisico-meccanici.

BIBLIOGRAFIA

- APPEL H., COCROFT R., 2023 - *Plant ecoacoustics: a sensory ecology approach*. - Trends in Ecology & Evolution, 38(7): 623-630.
- BARBERO F., THOMAS J.A., BONELLI S., BALLETO E., SCHÖNRÖGGE K., 2009 - *Queen ants make distinctive sounds that are mimicked by a butterfly social parasite*. - Science, 323(5915): 782-785.
- BROWN JR, W.L., EISNER T., WHITTAKER R.H., 1970 - *Allomones and kairomones: transspecific chemical messengers*. - Bioscience, 20(1): 21-21.
- BOUCHER M., SCHNEIDER S.S., 2009 - *Communication signals used in worker-drone interactions in the honeybee, Apis mellifera*. - Animal Behaviour, 78(2): 247-254.
- COCROFT R.B., RODRÍGUEZ R.L., 2005 - *The behavioral ecology of insect vibrational communication*. - Bioscience, 55(4), 323-334.
- DE LUCA P.A., VALLEJO-MARIN M., 2013 - *What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination*. - Current opinion in plant biology, 16(4), 429-435.
- DICKE M., SABELIS M.W., 1988 - *Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds?*. - Functional ecology, 131-139.
- DOANE C.C., BROOKS T.W., 1981 - *Research and development of pheromones for insect control with emphasis on the pink bollworm*. In: Management of insect pests with semiochemicals: concepts and practice (pp. 285-

- 303). Boston, MA: Springer US.
- FISCHER S., SAMIETZ J., WÄCKERS F., DORN S., 2001 - Interaction of vibrational and visual cues in parasitoid host location. - *Journal of Comparative Physiology A*, 187: 785-791.
- HAGER F.A., KRAUSA K., 2019 - *Acacia ants respond to plant-borne vibrations caused by mammalian browsers*. - *Current Biology*, 29(5): 717-725.
- HAMEL J.A., COCROFT R.B., 2019 - Maternal vibrational signals reduce the risk of attracting eavesdropping predators. - *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 204.
- HILL P.S., WESSEL A., 2016 - *Biotremology*. - *Current Biology*, 26(5): R187-R191.
- HÖLLDOBLER B., ROCES F., 2000 - *The behavioral ecology of stridulatory communication in leafcutting ants*. - *Model systems in Behavioural Ecology: Integrating Empirical, Theoretical and Conceptual Approaches*, 92-109.
- ISHAY J., LANDAU E.M., 1972 - *Vespa larvae send out rhythmic hunger signals*. - *Nature*, 237(5353): 286-287.
- KARLSON P., LÜSCHER M., 1959 - 'Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. - *Nature*, 183(4653): 55-56.
- KIRCHNER W.H., 1993 - *Vibrational signals in the tremble dance of the honeybee, Apis mellifera*. - *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33: 169-172.
- KOBAYASHI C., MUKAI H., TAKANASHI T., 2023 - Vibrations and mushrooms: Do environmental vibrations promote fungal growth and fruit body formation? - *Ecology*, 104(6).
- KRAUSA K., HAGER F. A., KIRCHNER W.H., 2021 - *Guarding vibrations—Axestotrigona ferruginea produces vibrations when encountering non-nestmates*. - *Insects*, 12(5): 395.
- LAUMANN R.A., ČOKL A., LOPES A.P., FERREIRA J.B., MORAES M.C., BORGES M., 2011 - Silent singers are not safe: selective response of a parasitoid to substrate-borne vibratory signals of stink bugs. - *Animal Behaviour*, 82(5): 1175-1183.
- MAZZONI V., ANFORA G., IORIATTI C., VIRANT-DOBERLET M., LUCCHI A., 2011 - *Vibrational signals associated to the mating behaviour of Hyalesthes obsoletus Signoret (Hemiptera Fulgoromorpha)*. - *IOBC/wprs Bulletin*, 67: 245-248.
- MAZZONI V., PREŠERN J., LUCCHI A., VIRANT-DOBERLET M., 2009 - *Reproductive strategy of the nearctic leafhopper Scaphoideus titanus Ball (Hemiptera: Cicadellidae)*. - *Bulletin of entomological research*, 99(4): 401-413.
- MEYHÖFER R., CASAS J.V., DORN S., 1994 - *Host location by a parasitoid using leafminer vibrations: characterizing the vibrational signals produced by the leafmining host*. - *Physiological Entomology*, 19(4): 349-359.
- MORALES M.A., BARONE J.L., HENRY C.S., 2008 - *Acoustic alarm signalling facilitates predator protection of treehoppers by mutualist ant bodyguards*. - *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1645): 1935-1941.
- NIERI R., ANFORA G., MAZZONI V., ROSSI STACCONI M.V., 2022 - *Semiochemicals, semiophysicals and their integration for the development of innovative multi-modal systems for agricultural pests' monitoring and control*. - *Entomologia Generalis*, 42(2).
- SURYANARAYANAN S., HANTSCHER A.E., TORRES C.G., JEANNE R.L., 2011 - *Changes in the temporal pattern of antennal drumming behavior across the Polistes fuscatus colony cycle (Hymenoptera, Vespidae)*. - *Insectes sociaux*, 58: 97-106.
- VIRANT-DOBERLET M., STRITIH-PELJHAN N., ŽUNIČ-KOSI A., POLAJNAR J., 2023 - *Functional diversity of vibrational signaling systems in insects*. - *Annual Review of Entomology*, 68(1): 191-210.
- WHITTAKER R.H., FEENY P.P., 1971 - *Allelochemicals: Chemical Interactions between Species: Chemical agents are of major significance in the adaptation of species and organization of communities*. - *Science*, 171(3973): 757-770.

SCOPRIRE LE FAMIGLIE DI INSETTI ATTRAVERSO I LORO SEGNALI DI COMUNICAZIONE

ALENKA ŽUNIČ-KOSI - ROK ŠTURM - AL VREZEC - META VIRANT DOBERLET

National Institute of Biology, Department of Organisms and Ecosystems Research, Večna pot 121, 1000 Ljubljana, Slovenia

Corresponding Author: Alenka Žunič-Kosi, email:

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Revealing insect communities through their communication signals

Insect populations are declining due to habitat loss, climate change, and other anthropogenic pressures, highlighting the need for effective monitoring in conservation. Here we show how insect communication signals, including semiochemicals and vibrational signals, can improve ecological assessments. Field trials showed that pheromone-based trapping is significantly more effective than traditional survey methods, providing a more accurate estimate of population structure while also capturing non-target species, broadening its use for biodiversity monitoring. Likewise, vibrational signals offer a non-invasive way to track insect activity, species interactions, and environmental changes. Integrating these communication-based methods enhances conservation strategies and deepens our understanding of insect community dynamics.

KEY WORDS: insect ecology, species monitoring, chemical signals, vibrational communication, biodiversity assessment

INSECTS IN DECLINE: WHY MONITORING MATTERS

Insects make up around 80% of the world’s biodiversity and play essential roles in terrestrial ecosystems (STORK, 2018). They contribute to nutrient cycling, soil structure maintenance, pest regulation, and pollination (BELOVSKY & SLADE, 2000; LOSELY & VAUGHAN, 2006). However, recent studies have reported alarming declines in insect biomass and diversity (SEIBOLD *et al.*, 2019; WAGNER *et al.*, 2021). Habitat loss, climate change, pollution, and pesticide use are among the primary drivers of these declines, raising concerns about ecosystem stability and the loss of essential services insects provide.

Despite their ecological importance, insects remain challenging to study (CARDOSO, 2011). Their small size, immense diversity, and complex life histories make it difficult to track population, conduct long-term monitoring, and carry out ecological research. Furthermore, a significant proportion of species remain undescribed (the Linnaean shortfall, NOVOTNY *et al.*, 2002), and information on their abundance and distribution is severely limited (the Wallacean shortfall, LOMOLINO, 2004). These knowledge gaps, combined with limited awareness among policymakers and stakeholders, further hinder conservation efforts.

We need standardized, cost-effective, and scalable monitoring methods to better understand insect biology, community structure, and responses to environmental stressors (WAGNER *et al.*, 2021; MONTGOMERY *et al.*, 2021). By integrating ecological research with systematic monitoring, we can improve our ability to assess population trends and adapt conservation strategies to mitigate biodiversity loss.

LEVERAGING INSECT COMMUNICATION FOR MONITORING

Recent technological advancements are opening new possibilities for insect research, particularly in monitoring species through their communication signals (LARSSON, 2016; VAN KLINK *et al.*, 2022; DESJONQUÈRES *et al.*, 2024). Insects rely on chemical and vibrational cues, among others, for mate attraction, species recognition, and predator avoidance. These signals provide valuable insights into species interactions, habitat use, and behavioural patterns, including phenology, circadian rhythms, and spatial distribution. By incorporating these communication-based approaches into ecological monitoring, we can track insect community dynamics with greater precision and assess environmental changes over time (Fig. 1).

PHEROMONE-BASED TRAPPING FOR BIODIVERSITY AND ECOLOGICAL RESEARCH

Pheromones and other semiochemicals act as long-range attractants that mediate various ecological interactions, such as host selection, mate recognition, and sexual stimulation (WYATT, 2014). The study of insect chemical ecology provides critical insights into biological processes and serves as the foundation for ecologically based pest management and conservation strategies. Hundreds of pheromone compounds have been identified and applied in monitoring and controlling native and invasive insect pests (*e.g.*, WITZGALL *et al.*, 2010; TILMAN & COTTRELL, 2017).

More recently, there has been a growing interest in utilizing pheromone-based monitoring systems for the conservation of rare and endangered species (LARSSON and SVENSSON, 2009; TOLASCH *et al.*, 2007; RAY *et al.*, 2014; LARSSON, 2016; KÖNIG *et al.*, 2016; HARVEY *et al.*, 2018, 2024; RAHMANI *et al.*, 2020). The high sensitivity and selectivity of insects to pheromones allow for the detection of species at low population densities, making

While early studies on *Osmoderma eremita* and *Elatér ferrugineus* (e.g., LARSSON & SVENSSON, 2009) paved the way for pheromone-based conservation research of saproxylic species, *Rosalia alpina* has recently emerged as another significant example demonstrating the potential of this approach. In particular, the discovery of its species-specific sex-aggregation pheromone has opened new opportunities for monitoring and conservation (ZU-

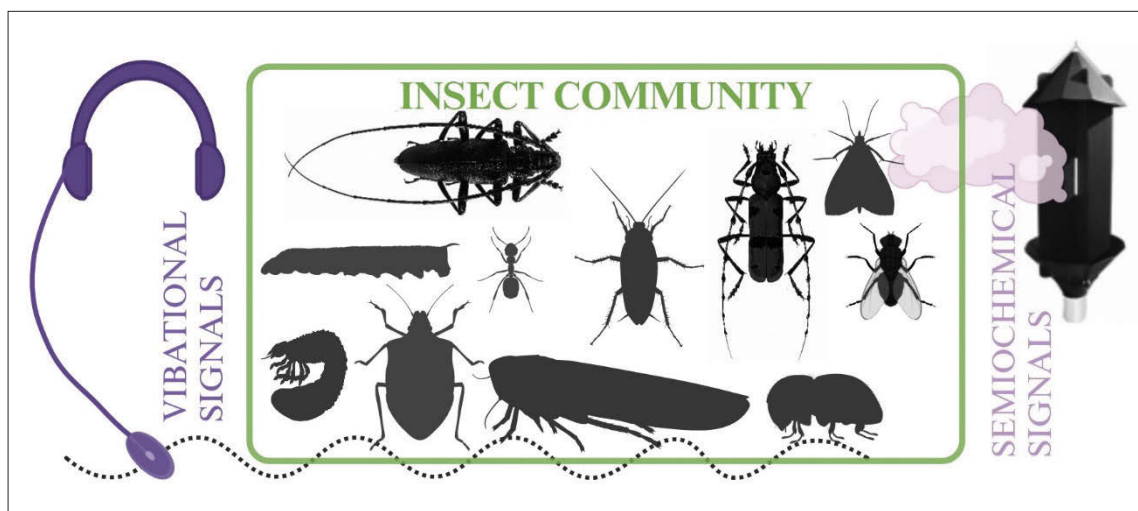


Fig. 1- Leveraging insect communication signals for monitoring. Semiochemical (right) and vibrational (left) signals aid in tracking insect community dynamics, species interactions, and environmental changes.

these signals particularly valuable for assessing species abundance, distribution, diversity, and habitat preferences (e.g., KADEJ, 2015; MOLANDER *et al.*, 2019; WICKHAM *et al.*, 2021; MILLAR *et al.*, 2024).

UNLOCKING THE POTENTIAL OF SAPROXYLIC PHEROMONES IN CONSERVATION

Among the most promising applications of pheromone-based monitoring is the study of saproxylic beetles, a group of insects that depend directly or indirectly on dying and dead wood (STOKLAND & SIITONEN, 2012). These beetles play crucial roles in decomposition and nutrient cycling, serve as an important food source for wildlife, and contribute to forest pest regulation (CARPANETO *et al.*, 2015).

Due to their association with old-growth habitats, many saproxylic beetles are recognized as indicator species for forest naturalness and biodiversity assessments (ECKELT *et al.*, 2018). However, a large proportion of these species are rare or red-listed, primarily due to habitat loss from timber harvesting (SEIBOLD *et al.*, 2015).

Monitoring these beetles is particularly challenging because their larvae develop beneath bark or deep within tree hollows, while adults are often short-lived and difficult to detect. Traditional survey methods, such as visual inspections and wood sampling, are labour-intensive, low in resolution, and potentially destructive to habitats. As a result, pheromone-based trapping has emerged as a more efficient and non-invasive alternative.

NIC-KOSI *et al.*, 2017). As a flagship species of European saproxylic biodiversity, *R. alpina* (ECKELT *et al.*, 2018) has been the focus of conservation efforts due to its sensitivity to habitat loss and its role as an indicator of forest habitat integrity.

To assess the effectiveness of pheromone-based monitoring, we conducted field trials comparing pheromone trapping with traditional survey methods. Preliminary findings suggest that pheromone-based monitoring is significantly more effective than traditional survey methods. Our field trials demonstrated that pheromone traps captured substantially more individuals compared to traditional methods (unpublished data). Additionally, pheromone trapping provided a more accurate estimate of population structure, yielding a balanced 1:1 male-to-female ratio, in contrast to the male-biased results from visual surveys. These results highlight the potential of pheromone-based monitoring for improved detection and population assessment.

Beyond species detection, pheromone-based trapping has expanded our understanding of *R. alpina*'s biology and ecology, particularly in terms of phenology, daily activity, and environmental responses. Seasonal pheromone trapping confirmed that *R. alpina* is most active from late June to early September, peaking in July. Males emerged before females, consistent with their mating behaviours. Activity levels were found to be strongly influenced by environmental factors, particularly temperature and light intensity, with female beetles showing greater sensitivity to temperature fluctuations.

EXPANDING PHEROMONE-BASED MONITORING BEYOND TARGET SPECIES

Interestingly, pheromone traps not only capture target species but also provide insights into broader ecological communities. For example, pheromone-baited traps for *R. alpina* attracted click beetles (e.g., *Stenagostus rhombeus*) and Eucnemidae species, which interact with cerambycid larvae. Additionally, rare and seldom-sampled species, such as *Isotomus speciosus* and *Gnorimus variabilis*, were also recorded. This suggests that pheromones may act as kairomones, influencing species' foraging, oviposition, or habitat selection. Similar findings have been reported for other saproxylic species where pheromone-based trapping also led to the detection of non-target species (LARSSON and SVENSSON, 2009; IMREI *et al.*, 2021). These findings highlight the potential of pheromone traps as tools for monitoring entire saproxylic insect communities rather than just individual species.

HARNESSING VIBRATIONAL SIGNALS FOR INSECT MONITORING

While pheromone-based trapping has significantly improved insect monitoring, particularly for elusive species that are difficult to detect through conventional methods, not all insects rely on chemical signals for communication. Many species use substrate-borne vibrational signals for mate attraction, competition, and predator avoidance. Unlike pheromones or sound, which disperse through the air, vibrational signals travel through plant stems, ground, or other substrates insects are living on, making them particularly relevant for species in structurally complex habitats. Natural environments are full of vibrations of many different signalling species together with geophysical (e.g. wind, rain...) and anthropogenic (e.g. vibrations produced by human activity) sources (ŠTURM *et al.*, 2022).

INFORMATION HIDDEN IN A VIBROSCOPE

A vibroscope is defined as a collection of biological, geophysical, and anthropogenic vibrations in an environment, carrying information about the species present and ongoing processes. The biological component of the vibroscope reflects the vibrational community, which includes all vibratory active animals in a given time and space (ŠTURM *et al.*, 2019). With the advancement of vibrational sensors, research on insect vibrational communication in their natural habitats has increased, allowing for the study of insect-relevant vibrosopes. The biological component of a natural vibroscope predominantly occupies the low-frequency domain (below 3000 Hz), with plant-induced vibrations by low-velocity wind (<0.2 m/s) providing a nearly constant background noise below 200 Hz.

DIFFERENT SCALES, DIFFERENT PATTERNS

In temperate grasslands, the abundance of vibrations in the vibroscope exhibits a general circadian rhythm, with peak activity during the hottest part of the day (ŠTURM *et*

al., 2021). Some studies provide information on single species activity; for instance, the leafhopper *Scaphoideus titanus* shows signalling activity at night (AKASSOU *et al.*, 2022), while *Anoscopus albiger* is believed to be active in the morning and evening (MAROLT *et al.*, 2025). Seasonal patterns in temperate climates can also be observed, showing when species start and finish signalling within season (CHOI *et al.*, 2024) and how the community structure changes (ŠTURM *et al.*, 2021). Investigations into the spatial patterns of signalling activity within grassland habitats reveal that different plant species have statistically different vibroscope compositions, although the main signal compositions are similar (ŠTURM *et al.*, 2021). Additionally, vibroscope recordings hold great potential for understanding the effects of anthropogenic noise on invertebrates (PESSMAN *et al.*, 2023).

HEMIPTERAN INSECTS IN A VIBROSCOPE

Hemiptera, one of the five largest insect orders with over 80,000 species worldwide, is the most diversified group of non-endopterygote insects (FORERO, 2008). Species-rich assemblages of Hemiptera are associated with various grassland types and tree and shrub species (NICKEL *et al.*, 2003; NICKEL, 2008) and are increasingly studied from the perspectives of community ecology and biodiversity conservation (BIEDERMANN *et al.*, 2005; MANNING *et al.*, 2015). The use of substrate-borne vibrations is ubiquitous in Hemiptera, making them an ideal group for monitoring through non-invasive ecotremology principles (VIRANT-DOBERLET *et al.*, 2023).

REVEALED BY INCIDENTAL VIBRATIONS

In addition to species using vibrational signals, the activity of insects can be detected in the biological component of the vibroscope through incidental vibrations produced during movement, feeding, scratching, digging... In habitats where certain species are expected, their presence can be confirmed by detecting insect activity (HUSSEIN *et al.*, 2012) but furthermore, patterns within the environment can also be obtained (ROBINSON *et al.*, 2024).

TO CONCLUDE

Studying insects is challenging due to their small size, diversity, and complex life histories. Improved, cost-effective monitoring methods are needed to understand insect biology and responses to environmental stressors. Technological advances allow for monitoring through insect communication signals, providing insights into species interactions and habitat use. Pheromone-based trapping is effective for monitoring and conserving insect species, especially rare and endangered ones. Utilizing these efficient and non-invasive methods offers more accurate population estimates and broader ecological insights. Furthermore, vibrational signals are also useful for non-invasive monitoring and ecology studies of in-

sects which use this modality of communication. With more and more available pheromones and automatic sensors this approach should be more and more often exploited to monitor and study insects' ecology.

REFERENCES

- AKASSOU I., ZAPPONI L., VERRASTRO V., CIOLLI M., MAZZONI V., 2022 – *Extending the vibroscape to agroecosystems: investigating the influence of abiotic factors and monitoring insect vibrational signaling*. - PeerJ, 10.
- BELOVSKY G.E., SLADE J.B., 2000 – *Insect herbivory accelerates nutrient cycling and increases plant production*. - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 97: 14412-14417.
- BIEDERMANN R., ACHTZIGER R., NICKEL H., STEWART A. J.A., 2005 – *Conservation of grassland leafhoppers: A brief review*. - J. Insect Conserv., 9(4): 229-243.
- CARDOSO P., ERWIN T.L., BORGES P.A.V., NEWET T.R., 2011 – *The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them*. - Biol. Conserv., 144: 2647-2655.
- CARPANETO G.M., BAVIERA C., BISCACCANTI A.B., BRANDMAYR P., MAZZEI A., MASON F., BATTISTONI A., TEOFILI C., RONDINI C., FATTORINI S., AUDISIO P., 2015 – *A Red List of Italian saproxylic beetles: Taxonomic overview, ecological features and conservation issues (Coleoptera)*. - Fragg. Entomol., 47: 53-126.
- CHOI N., MILLER P., HEBETS E.A., 2024 – *Vibroscape analysis reveals acoustic niche overlap and plastic alteration of vibratory courtship signals in ground-dwelling wolf spiders*. - Commun. Biol., 7(1).
- DESJONQUÈRES C., LINKE S., GREENHALGH J., RYBAK F., SUEUR J., 2024 – *The potential of acoustic monitoring of aquatic insects for freshwater assessment*. - Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., 379(1904): 20230109.
- ECKELT A., MÜLLER J., BENSE U., BRUSTEL H., BUSSLER H., CHITTARO Y., CIZEK L., FREI A., HOLZER E., KADEJ M., KAHLEN M., KÖHLER F., MÖLLER G., MÜHLE H., SANCHEZ A., SCHAFFRATH U., SCHMIDL J., SMOLIS A., SZALLIES A., NÉMETH T., WURST C., THORN S., BOJESSEN CHRISTENSEN R.H., SEIBOLD S., 2018 – „*Primeval forest relict beetles*“ of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. - J. Insect Conserv., 22: 15-28.
- FORERO D., 2008 – *The systematics of the Hemiptera*. - Rev. Colomb. Entomol., 34(1): 1-21.
- HARVEY D.J., VUTS J., HOOPER A., FINCH P., WOODCOCK C.M., CAULFIELD J.C., KADEJ M., SMOLIS A., WITHALL D.M., HENSHALL S., PICKETT J.A., GANGE A.C., BIRKETT M.A., 2018 – *Environmentally vulnerable noble chafers exhibit unusual pheromone-mediated behaviour*. - PLoS One, 13: 15.
- HARVEY D.J., VUTS J., HOOPER A.M., CAULFIELD J.C., FINCH P., GANGE A.C., CHAPMAN J., BIRKETT M.A., PICKETT J.A., 2024 – *Novel pheromone-mediated reproductive behaviour in the stag beetle, Lucanus cervus*. - Sci. Rep., 14: 6037.
- HUSSEIN W.B., HUSSEIN M.A., BECKER T., 2010 – *Detection of the red palm weevil Rhynchophorus ferrugineus using its bioacoustic features*. - Bioacoustics, 19(3): 177-194.
- IMREI Z., DOMINGUE M.J., LOHONYAI Z., MOREIRA J.A., BÁLINTNÉ CSONKA É., FAIL J., CSÓKA G., HANKS L.M., TÓTH M., MILLAR J.G., 2021 – *Identification of pheromone components of Plagionotus detritus (Coleoptera: Cerambycidae), and attraction of conspecifics, competitors, and natural enemies to the pheromone blend*. - Insects, 12: 899.
- KADEJ M., ZAJĄC K., RUTA R., ET AL., 2015 – *Sex pheromones as a tool to overcome the Wallacean shortfall in conservation biology: A case of Elater ferrugineus Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Elateridae)*. - J. Insect Conserv., 19: 25-32.
- KÖNIG C., SZALLIES A., STEIDLE J.L., TOLASCH T., 2016 – *Sex pheromone of the rare click beetle Betarmon bisbimaculatus*. - J. Chem. Ecol., 42(1): 55-59.
- LARSSON M.C., 2016 – *Pheromones and other semiochemicals for monitoring rare and endangered species*. - J. Chem. Ecol., 42: 853-868.
- LARSSON M.C., SVENSSON G.P., 2009 – *Pheromone monitoring of rare and threatened insects: Exploiting a pheromone-kairomone system to estimate prey and predator abundance*. - Conserv. Biol., 23: 1516-1525.
- LOMOLINO M.V., 2004 – *Conservation biogeography*. In: Lomolino M.V., Heaney L.R. (Eds.), Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature. - Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, pp. 293-296.
- LOSEY J.E., VAUGHAN M., 2006 – *The economic value of ecological services provided by insects*. - BioScience, 56: 311-323.
- MANNING P., GOSSNER M.M., BOSSDORF O., ALLAN E., ZHANG Y.Y., PRATI D., BLÜTHGEN N., BOCH S., BÖHM S., BÖRSCHIG C., HÖLZEL N., JUNG K., KLAUS V.H., KLEIN A.M., KLEINEBECKER T., KRAUSS J., LANGE M., MÜLLER J., PAŠALIĆ E., FISCHER M., 2015 – *Grassland management intensification weakens the associations among the diversities of multiple plant and animal taxa*. - Ecology, 96(6): 1492-1501.
- MAROLT M., PESEK M., ŠTURM R., LÓPEZ DÍEZ J.J., REXHEPI B., VIRANT-DOBERLET M., 2025 – *Computational methods for detecting insect vibrational signals in field vibroscape recordings*. - Ecol. Inform., 86.
- MILLAR J.G., HANKS L.M., 2017 – In: Wang Q. (Ed.), *Cerambycidae of the World: Biology and Pest Management*. - CRC Press/Taylor & Francis Group, pp. 161-208.
- MILLAR J.G., WILLIAMS L., SERRANO J.M., McELRATH T.C., ZOU Y., GROMMES-YEAGER A.C., SHOEPPNER E., HUSETH A.S., KUCHAR T.P., ETZLER F.E., HANKS L.M., 2024 – *Identification of sex attractants for 6 North American click beetle species in 4 tribes of the Elateridae*. - Environ. Entomol., 53: 973-980.
- MOLANDER M.A., WINDE I., BURMAN J., NYABUGA F., LINDBLOM T., HANKS L., MILLAR J., LARSSON M., 2019 – *Common cerambycid pheromone components as*

- attractants for longhorn beetles (Cerambycidae) breeding in ephemeral oak substrates in Northern Europe. - J. Chem. Ecol., 45: 28-36. 20-34. (Remaining references formatted accordingly).
- MONTGOMERY G.A., BELITZ M.W., GURALNICK R.P., TINGLEY M.W., 2021 – *Standards and best practices for monitoring and benchmarking*. - Insects. Front. Ecol. Evol., 8:579193.
- NICKEL H., 2003 – *The Planthoppers and Leafhoppers of Germany (Hemiptera, Auchenorrhyncha): Patterns and Strategies in a Highly Diverse Group of Phytophagous Insects*. Pensoft, Sofia.
- NICKEL H., 2008 – *Tracking the elusive: leafhoppers and planthoppers (Insecta: Hemiptera) in tree canopies of European deciduous forests*. In: Floren A., Schmidl J. Eds., *Canopy Arthropod Research in Europe*, Bioform Entomology, Nuremberg, pp. 175-214.
- NOVOTNY V., BASSET Y., MILLER S.E., WEIBLEN G.D., BREMER B., CIZEK L., DROZD P., 2002 – *Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest*. - Nature, 416: 841-844.
- PESSMAN B.J., MCGINLEY R., HEBETS E.A., 2024 – *Spatial and temporal variation in ambient vibratory noise and its impact potential on a common urban arthropod*. - Entomol. Exp. Appl.
- RAHMANI R., CARRASCO D., SVENSSON G.P. ET AL., 2020 – *Identification and synthesis of putative pheromone components of the threatened salt marsh bagworm moth, Whittleia retiella (Lepidoptera: Psychidae)*. - J. Chem. Ecol., 46: 115-127.
- RAY A.M., ARNOLD R.A., SWIFT I., SCHAPKER P.A., MCCANN S., MARSHALL C.J., McELFRESH J.S., MILLAR J.G., 2014 – *(R)-Desmolactone is a sex pheromone or sex attractant for the endangered valley elderberry longhorn beetle Desmocerus californicus dimorphus and several congeners (Cerambycidae: Lepturinae)*. - PLoS One, 9(12): e115498.
- ROBINSON J.M., ANNELLS A., CAVAGNARO T.R., LIDDICOAT C., ROGERS H., TAYLOR A., BREED M.F., 2024 – *Monitoring soil fauna with ecoacoustics*. - Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 291(2030).
- ROBINSON J.M., TAYLOR A., FICKLING N., SUN X., BREED M.F., 2024 – *Sounds of the underground reflect soil biodiversity dynamics across a grassy woodland restoration chronosequence*. - J. Appl. Ecol.
- ROQUES A., REN L., RASSATI D., SHI J., AKULOV E., ŽUNIĆ KOSI A. ET AL., 2023 – *Worldwide tests of generic attractants, a promising tool for early detection of non-native cerambycid species*. - NeoBiota, 84: 169-209.
- SEIBOLD S., BRANDL R., BUSE J., HOTHORN T., SCHMIDL J., THORN S., MÜLLER J., 2015 – *Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe*. - Conserv. Biol., 29: 382-390.
- SEIBOLD S., GOSSNER M.M., SIMONS N.K., 2019 – *Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers*. - Nature, 574: 671-674.
- STOKLAND J., SIITONEN J., 2012 – In: Stokland J. et al. (Eds.), *Cambridge University Press*, pp. 248-274.
- STORK N.E., 2018 – *How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?* - Annu. Rev. Entomol., 63: 31-45.
- ŠTURM R., LÓPEZ DÍEZ J.J., POLAJNAR J., SUEUR J., VIRANT-DOBERLET M., 2022 – *Is it time for ecotremology?* - Front. Ecol. Evol., 10.
- ŠTURM R., POLAJNAR J., VIRANT-DOBERLET M., 2019 – *Practical issues in studying natural vibroscape and biotic noise*. In: Hill P.S.M., Lakes-Harlan R., Mazzoni V., Narins M.P., Virant-Doberlet M., Wessel A. Eds., *Biotremology: Studying Vibrational Behaviour*, Springer, p. 526.
- ŠTURM R., REXHEPI B., LÓPEZ DÍEZ J.J., BLEJEC A., POLAJNAR J., SUEUR J., VIRANT-DOBERLET M., 2021 – *Hay meadow vibroscape and interactions within insect vibrational community*. - IScience, 24(9).
- TILLMAN P.G., COTTRELL T.E., 2017 – In: *Stinkbugs: bi- oratorical control based on communication processes*, Cokl A., Borges M. Eds., CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, pp. 210-226.
- TOLASCH T., FRAGSTEIN M., STEIDLE J.L.M., 2007 – *Sex pheromone of Elater ferrugineus L. (Coleoptera: Elateridae)*. - J. Chem. Ecol., 33: 2156-2166.
- VAN KLINK R., AUGUST T., BAS Y., BODESHEIM P., BONN A., FOSSØY F., HØYE T.T., JONGEJANS E., MENZ M.H.M., MIRALDO A., ROSLIN T., ROY H.E., RUCZYŃSKI I., SCHIGEL D., SCHÄFFLER L., SHEARD J.K., SVENNINGSEN C., TSCHAN G.F., WÄLDCHEN J., BOWLER D.E., 2022 – *Emerging technologies revolutionise insect ecology and monitoring*. - Trends Ecol. Evol., 37: 872-885.
- VIRANT-DOBERLET M., STRITH-PELJHAN N., ŽUNIĆ-KOSI A., POLAJNAR J., 2023 – *Functional diversity of vibrational signaling systems in insects*. - Annu. Rev. Entomol., 68: 2022.
- WAGNER D.L., GRAMES E.M., FORISTER M.L., BERENBAUM M.R., STOPAK D., 2021 – *Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts*. - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 118(2): e2023989118.
- WICKHAM J.D., HARRISON R.D., LU W., CHEN Y., HANKS L.M., MILLAR J.G., 2021 – *Rapid assessment of cerambycid beetle biodiversity in a tropical rainforest in Yunnan Province, China, using a multicomponent pheromone lure*. - Insects, 12: 277.
- WITZGALL P., KIRSCH P., CORK A., 2010 – *Sex pheromones and their impact on pest management*. - J. Chem. Ecol., 36: 80-100.
- WYATT T.D., 2014 – *Pheromones and animal behavior: Chemical signals and signatures (2nd ed.)*. - Cambridge University Press, 798 pp.

MUCH ADO ABOUT SOMETHING: SFRUTTARE IL LINGUAGGIO DEGLI INSETTI PER INTERFERIRE CON LA TRASMISSIONE DI AGENTI PATOGENI DA PARTE DI AFIDI E SPUTACCHINE

DANIELE CORNARA^a

^a Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (DiSSPA) – Università degli Studi di Bari Aldo Moro. Via Amendola 165/A, 70126 Bari (Italy)

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Much ado about something: harnessing insects’ language to interfere with plant pathogens transmission by aphids and spittlebugs

The vibrational disruption of insect pests’ interaction with the environment is a new promising frontier in the control of either direct pest or insect vectors of plant pathogens. Reducing the frequency of insect-plant interactions by leveraging vibrational stimuli evoking the risk of predation could potentially affect the transmission rate of vector-borne plant pathogens. Here I present the results of trials aimed at evaluating the impact of substrate-borne vibrations produced during the interaction between insect vectors and their natural enemies on the insect vector’s behavior and on its interaction with the host plant. Two case studies are described: i) the alteration of the green peach aphid *Myzus persicae* probing behavior in response to vibrations produced during the interaction with the parasitoid wasp *Aphidius colemani* and the ladybug *Adalia bipunctata*; ii) the defensive behaviors displayed by the meadow spittlebug *Philaenus spumarius* in response to vibrations produced by the foraging of hunting spiders.

Overall, the results suggest that substrate-borne vibrations are an important component of a multimodal strategy of perception of the predation risk in insect vectors of plant pathogens. Vibrations that the insect associates with the risk of predation might therefore be harnessed to interfere with the vector-plant interaction and pathogens transmission.

KEY WORDS: Biotremology; substrate-borne vibrations; Behavioral manipulation; Vector-borne plant pathogens; *Xylella fastidiosa*

Gli insetti vettori di agenti patogeni rappresentano una grave minaccia per il settore agricolo a livello mondiale. Le comuni strategie di controllo dei fitofagi finalizzate a contenere le popolazioni degli insetti al fine di evitare o ridurre il danno economico, spesso portano a risultati contrastanti in termini di contenimento della diffusione degli agenti patogeni trasmessi da insetti (DAUGHERTY *et al.*, 2015). In aggiunta all’efficacia variabile, le attuali strategie di controllo degli insetti vettori sono associate a effetti collaterali nei confronti degli organismi non-target, dell’ambiente, e della salute umana. In un quadro normativo che mira alla riduzione del ricorso ai mezzi chimici, lo sviluppo di nuove strategie di controllo sia di fitofagi che di insetti vettori rappresenta una necessità impellente per una produzione agricola sostenibile.

Una nuova frontiera di controllo sostenibile è rappresentata dal ricorso a stimoli repellenti derivati da organismi antagonisti che, applicati alla pianta bersaglio, la rendano meno appetibile per l’insetto vettore, riducendo quindi l’attività vettoriale (IRWIN e RUESINK, 1986) e la frequenza dei comportamenti di trasmissione degli agenti patogeni. Gli insetti possono percepire l’approssimarsi di un antagonista attraverso la combinazione di stimoli chimici, visivi e fisici. La comunicazione attraverso semiochimici tra preda e predatore è stata oggetto nel

corso degli anni di ricerche approfondite. Al contrario, le evidenze scientifiche circa la percezione del rischio di predazione tramite semiofisici (luci, suoni e vibrazioni; NIERI *et al.*, 2022)), sono limitate.

La componente vibrazionale potrebbe giocare un ruolo cruciale nella percezione del rischio di predazione e nelle conseguenti risposte comportamentali. È stato documentato che le vibrazioni, sia volontarie (comunicazione vibrazionale) sia involontarie (movimenti e colpi), sono fattori cruciali nell’interazione tra fitofago ed antagonista (MAZZONI *et al.*, 2024). Nella maggior parte di casi si parla di intercettazione (eavesdropping) delle vibrazioni della vittima da parte del predatore o parassitoide, tuttavia, il caso contrario è molto meno studiato. Comprendere il ruolo delle vibrazioni in grado di indurre una situazione di allarme potrebbe aprire la strada verso una strategia di manipolazione comportamentale mirata ad allontanare l’insetto dannoso dalla pianta ospite tramite l’emissione di vibrazioni associate al rischio di predazione (AVOSANI *et al.*, 2020; 2023).

Abbiamo verificato questa ipotesi sperimentale in due sistemi modello: i) un importante vettore di fitovirus come l’afide verde del pesco *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae); ii) il principale vettore Europeo del batterio *Xylella fastidiosa*, la sputacchina dei prati *Philaenus spumarius* (Hemiptera: Aphrophoridae).

Myzus persicae

Tramite un laser vibrometro (VibroGo, Polytec GmbH, Germany), abbiamo rilevato le vibrazioni prodotte durante l'interazione tra l'afide e due antagonisti: i) larve di IV età del coleottero predatore *Adalia bipunctata* (Coccinellidae, Coleoptera); ii) femmine del parassitoide *Aphidius colemani* (Braconidae, Hymenoptera). Le osservazioni sono state condotte all'interno di una camera anecoica (TREBI GmbH) su un tavolo antivibrazionale (Standa LTD), sia su combinazioni afide adulto (femmina partenogenetica) -antagonista, che su combinazione afide adulto e progenie (tre neanidi di I età) -antagonista, su piante di pisello nano (*Pisum sativum*, Pisello a grano rugoso progress n.9, Moon Garden Srl).

I video sono stati analizzati tramite il software etologico Boris (FRIARD and GAMBA, 2016; BORIS (unito.it)) di modo da selezionare i comportamenti degli antagonisti e le corrispondenti vibrazioni che inducessero una risposta comportamentale nell'afide.

I file audio sono stati analizzati tramite BK Connect software (800 lines, Hanning FFT type, 75% overlap), misurando la frequenza dominante (Hz) in corrispondenza del picco di ampiezza delle vibrazioni, misurato come velocità di oscillazione del substrati (micrometri/s. Considerato che le vibrazioni registrate erano incidentali, cioè prodotte dal movimento degli insetti (STRAUSS et al. 2021), abbiamo selezionato solo i recordings con il migliore signal-to-noise ratio.

Le vibrazioni significativamente associate ad una risposta comportamentale nelle femmine adulte di *M. persicae* sono state: i) *chewing*, ovvero la vibrazione prodotta dalla masticazione delle neanidi da parte di *A. bipunctata*; ii) *twitching*, ovvero la vibrazione prodotta dalla combinazione del movimento delle zampe posteriori e dalle rotazioni addominali di *M. persicae* in risposta al contatto con *A. colemani* (Fig. 1).

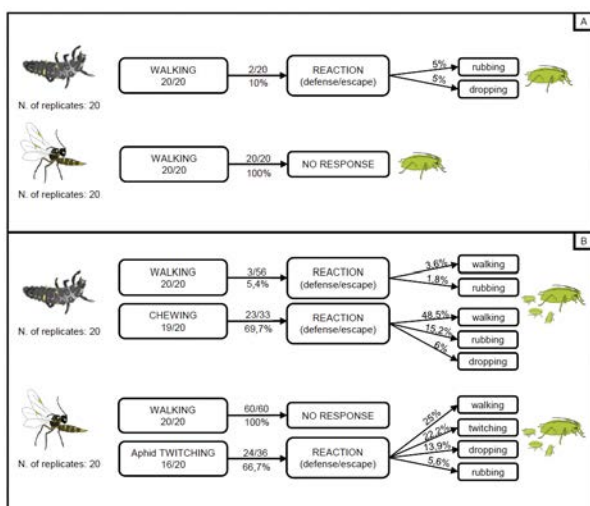


Fig. 1 - Risposte comportamentali di femmine adulte, e femmine e progenie di *M. persicae* ad *A. bipunctata* e *A. colemani* (ZIPPARI et al., 2024).

Abbiamo quindi verificato l'impatto del playback di queste vibrazioni sul comportamento alimentare di *M.*

persicae su piante di pisello, confrontandolo con l'impatto del feromone di allarme (E-beta-farnesene), utilizzando un Electrical Penetration Graph (EPG) (McLEAN and KINSEY, 1964; TJALLINGH, 1978) associato ad uno stimulus controller. I dati EPG hanno mostrato un effetto differenziale dei due stimoli associati al rischio di predazione (feromone d'allarme e vibrazioni): in risposta al feromone, gli afidi tendono ad effettuare delle lunghe punture intracellulari (punture di saggio) prima di iniziare la fase floematica. Al contrario, le vibrazioni rallentano l'inserzione degli stiletti nella pianta ospite, riducono la durata delle penetrazioni intracellulari, ed interferiscono con le fasi di salivazione ed ingestione della linfa elaborata. In estrema sintesi, il feromone potrebbe veicolare il messaggio di una minaccia più "lontana", cui l'afide risponde con delle punture di saggio più lunghe finalizzate a valutare con attenzione la qualità della pianta ospite prima di rispondere al rischio in funzione proprio della qualità dell'ospite. Le vibrazioni potrebbero al contrario segnalare all'insetto la presenza di una minaccia più prossima, nei confronti della quale l'afide deve reagire in tempi brevi, non avendo a disposizione il tempo necessario per saggiare accuratamente la pianta ospite calibrando la risposta in funzione del rapporto minaccia/qualità dell'ospite.

Philaenus spumarius

Scopo della ricerca è stato valutare la risposta del principale vettore Europeo di *X. fastidiosa* a vibrazioni associate al rischio di predazione. Abbiamo scelto come predatori "modello" ragni erratici raccolti in dieci oliveti nella provincia di Bari: i) *Pisaura mirabilis* (Araneae: Pisauridae); ii) *Oxyopes heterophthalmus* (Araneae: Oxyopidae); iii) *Thomisus onustus* (Araneae: Thomisidae); iv) *Xysticus cristatus* (Araneae: Thomisidae); v) *Synema globosum* (Araneae: Thomisidae); vi) *Alopecosa albofasciata* (Araneae: Lycosidae); vii) *Hogna radiata* (Araneae: Lycosidae); viii) *Tibellus oblongus* (Araneae: Philodromidae). Tramite prove di predazione in arena su piante di pervinca (*Catharanthus roseus*), abbiamo selezionato le specie più funzionali alla registrazione delle vibrazioni, cioè le specie che hanno predato la sputacchina su pianta e nella prima ora dal rilascio dell'insetto nell'arena: *P. mirabilis*, *O. heterophthalmus*, *T. onustus*, *X. cristatus*.

In un secondo test condotto in arena abbiamo registrato con un laser vibrometro le vibrazioni prodotte nel corso dell'interazione ragno-*P. spumarius* associando ciascuna vibrazione ad uno specifico comportamento del predatore e/o della preda tramite analisi dei file video (registrazioni condotte con una camera ad alta risoluzione Canon EOS 80D) con il software Boris, e dei files audio con BK Software Connect. I due comportamenti associati alla produzione di vibrazioni "distinguibili" sono stati: i) il *foraging*, inteso come vibrazione prodotta dal camminamento di *X. cristatus* in direzione della preda; ii) il *chewing*, inteso come manipolazione di *P. spumarius* dopo l'afferramento da parte di *P. mirabilis*. La risposta di *P. spumarius* alle vibrazioni isolate è stata valutata tramite test su piante di pervinca su cui la vibrazione è stata trasmessa in playback tramite LRA (linear resonant

actuators) posizionati sullo stelo della pianta in posizione mediana; il segnale è stato monitorato tramite laser vibrometro. Per verificare che le risposte alle vibrazioni prodotte dal ragno non fossero semplicemente indotte da un generico disturbo vibrazionale, abbiamo utilizzato due controlli: i) un rumore bianco; ii) un segnale vibrazionale armonico intra-specifico prodotto da maschi di *S. titanus* (Male Courtship Signal, MCrS, MAZZONI *et al.*, 2009). Nel corso dei test di interazione ragno-*P. spumarius*, abbiamo osservato come il *foraging* del ragno induca nelle sputacchine (in tutti gli individui osservati) una risposta di “freezing”, cioè un arresto immediato e cessazione di tutte le attività. In risposta alla sola vibrazione associata al playback del *foraging* del ragno, il 63% degli individui hanno reagito con un freezing di una durata significativamente inferiore a quella osservata in risposta al ragno. Il freezing è stato osservato invece nel 10% degli individui su piante trattate con playback sia del rumore bianco, che di MCrS di *S. titanus* (Fig. 2).

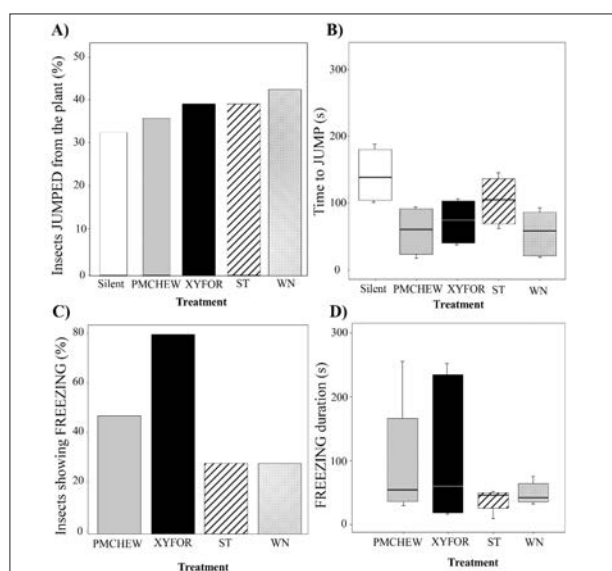


Fig. 2 - Risposta di *P. spumarius* alle vibrazioni incidentali associate a ragni erratici. A) Percentuale di insetti che abbandonano la pianta (jumping); B) Tempo trascorso dal playback del segnale all’abbandono della pianta; C) Percentuale di insetti che mostrano il comportamento di “freezing” in risposta al trattamento; D) Durata del freezing.

In conclusione, gli esperimenti condotti su *M. persicae* e *P. spumarius* suggeriscono che in entrambe le specie le vibrazioni incidentali prodotte da antagonisti rappresentano un segnale fondamentale per la percezione del rischio di predazione. Semiofisici derivati da antagonisti hanno infatti indotto nelle specie target delle risposte comportamentali che possono tradursi in una alterazione e cessazione dell’interazione della pianta ospite. Attualmente, sono in corso ulteriori test finalizzati a verificare l’efficacia di questi segnali vibrazionali nell’interferire con la trasmissione di agenti patogeni da parte di insetti vettori.

RINGRAZIAMENTI

Gli esperimenti sono stati condotti nell’ambito dei progetti Covexy (Contenimento insetti vettori di *Xylella fastidiosa* con metodi a basso impatto ambientale), grant agreement C23C22001410006, finanziato dal Ministero dell’Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF), da European Union Horizon 2020 Research and Innovation project, grant agreement no. 773431 RELACS (Replacement of Contentious Inputs in Organic Farming Systems), e da European Union Next-GenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 – D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022, Agritech National Research Center), and by the European Union FSE-REACT-EU, PON Research and Innovation 2014-2020 DM1062 / 2021.

BIBLIOGRAFIA

- AVOSANI S., BERARDO A., PUGNO N.M., VERRASTRO V., MAZZONI V., CORNARA D., 2021 - *Vibrational disruption of feeding behaviors of a vector of plant pathogen*. - Ent. Gen., 41(5): 481-495.
- AVOSANI S., NIERI R., MAZZONI V., ANFORA G., HAMOUCHE Z., ZIPPARI C., CORNARA D., 2024 - *Intruding into a conversation: How behavioral manipulation could support management of Xylella fastidiosa and its insect vectors*. - J. Pest Sci., 97(1): 17-33.
- DAUGHERTY M.P., O’NEILL S., BYRNE F., ZEILINGER A., 2015 - *Is vector control sufficient to limit pathogen spread in vineyards?* - Environ. Entomol., 44(3): 789-797.
- FRIARD O., GAMBA M., 2016 - *BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations*. - Methods in ecology and evolution, 7(11): 1325-1330.
- IRWIN M.E., RUESINK W.G., 1986 - *Vector intensity: a product of pro pensity and activity*. In: McLean GD, Garrett RG, Ruesink WG (eds) Plant virus epidemics: monitoring, modelling and predicting outbreaks. Academic Press, Sydney, 13-33.
- MAZZONI V., ANFORA G., COCROFT R.B., FATOUROS N.E., GROOT A. T., GROSS J., WESSEL A., 2024 - *Bridging biotremology and chemical ecology: a new terminology*. - T. Plant Sci. 29(8): 848-855.
- MAZZONI V., PREŠERN J., LUCCHI A., VIRANT-DOBERLET M., 2009 - *Reproductive strategy of the nearctic leafhopper Scaphoideus titanus Ball (Hemiptera: Cicadellidae)*. - Bull. Ent. Res. 99(4): 401-413.
- MCLEAN D.L., KINSEY M.G., 1964 - *A technique for electronically recording aphid feeding and salivation*. - Nature, 202 (4939): 1358-1359.
- NIERI R., ANFORA G., MAZZONI V., ROSSI STACCONI M.V., 2022 - *Semiochemicals, semiophysicals and their integration for the development of innovative multi-modal systems for agricultural pests’ monitoring and control*. - Ent. Gen., 42(2).

TJALLINGII W.F., 1978 - *Electronic recording of penetration behaviour by aphids.* - Entom. Exp. Appl., 24(3): 721-730.
ZIPPARI C., NIERI R., HAMOUCHE Z., BOUCHERF A., TAMBU-

RINI G., ANFORA G., VERRASTRO V., MAZZONI V., CORNARA D., 2024 - *Substrate-borne vibrations produced during the interaction with natural enemies alter aphids probing behavior.* - J. Pest Sci., 1-16.

PLASTICITÀ E MULTIMODALITÀ NELLA COMUNICAZIONE DELLE VESPE CARTONAIE

ALESSANDRO CINI

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

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario”. Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Plasticity and multimodality in the communication of paper wasps

Understanding the foundations of insect communication is instrumental for developing effective strategies to protect beneficial species and manage pest ones. Recent research has revealed the remarkable complexity of insect communication, characterized by significant variability, multimodality, and plasticity. This dynamic and flexible nature challenges traditional views of insect communication and underscores the need for further investigation into the mechanisms underlying signal plasticity and multimodal integration—key factors in addressing both the challenges posed by insects and those affecting species of societal importance. This presentation explores the interplay among chemical, vibrational, and visual communication in the social life of *Polistes* paper wasps, emphasizing their role in wasp social life. Recent studies indicate that the communication repertoire of these wasps extends beyond pheromonal cues, with vibrational and visual signals playing crucial roles. These emerging insights into a well-established model system have broad implications, both for the full appreciation of social wasps and for our understanding of communication processes in other insect species.

KEY WORDS: social wasps, *Polistes*, social life, substrate borne vibrations, nestmate recognition

SYNTHESIS OF THE LECTURE

INTRODUCTION

The round table on “Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario” provided an excellent opportunity to discuss some of the most recent advances in research on insect communication applied to the monitoring and control of insects of applied interest. My contribution focused on a topic that is currently attracting much research attention, the plasticity and multimodality of insect communication and its impact on insect management, using however, as a case study, a taxon which has been relatively understudied in the field of applied entomology, the paper wasps of the genus *Polistes*. The objective of my lecture was to provide an overview of the multimodal and plastic nature of communication within a species of this genus, the well-known sociobiological model *Polistes dominula* (Christ, 1791). I used this case study to illustrate how far we still are from achieving a comprehensive understanding of insect communication, even in a model species.

Understanding the foundations of communication is instrumental in developing sound and effective techniques for monitoring and protecting valuable insect species, as well as for controlling pest species (STRAUSS *et al.*, 2021; GUERRERO and REDDY, 2023). Deciphering how insects communicate – within and between sexes, across different contexts, and in relation to various life process-

es (e.g., foraging, mating, and defense) – is essential. This approach has proven highly effective in the past, with many examples of successful applications of basic research findings in the applied field, such as the use of pheromones (WITZGALL *et al.*, 2010; SMART *et al.*, 2014; EL-GHANY, 2019) or the recent application of vibrational signals (POLAJNAR *et al.*, 2015; STRAUSS *et al.*, 2021) to control pest insects worldwide. In recent years, however, increasing evidence has highlighted the complexity and dynamism of animal (and, consequently, insect) communication (PATRICELLI and HEWBETS, 2016; RENOU and ANTON, 2020; CINI *et al.*, 2021). Signals conveying the same message can exhibit significant intraspecific variability, differing across populations or even among individuals. These signals may be transmitted through different sensory channels, either synergistically or with modulating effects (multimodality), and insects can flexibly adjust their communication strategies based on the context, demonstrating unexpected plasticity in their use of sensory channels (GADENNE *et al.*, 2016, Otte *et al.*, 2018, TIBBETTS *et al.*, 2018).

Through my lecture, I aimed to emphasize how, even in a well-studied model species like the paper wasp *Polistes dominula*, the last 30 years offered several paradigm shifts in the understanding of its communication system. This strongly suggests that further research is needed to fully comprehend the multimodal and plastic nature of the signals that regulate their biology. Despite being an iconic model species—likely one of the most extensively studied insects in terms of social communication—our understanding remains incomplete. In my lecture, I first explained why applied entomology should be concerned

with social wasps, highlighting their role in ecosystems and impact in society. I then briefly presented a few examples illustrating how our knowledge of paper wasps' social communication has evolved over recent decades, underscoring the long and complex road ahead for achieving a comprehensive understanding of insect communication.

RECOGNIZING THE VALUE OF SOCIAL WASPS FOR SOCIETY

Polistes wasps, and social wasps in general, are not typically associated with applied contexts such as agricultural entomology or insect conservation. So why discuss *Polistes* in this round table? There are at least two compelling reasons: the valuable yet underappreciated ecological role of social wasps and the importance of *Polistes* as a model genus in the study of social biology and communication.

Social wasps, including *Polistes*, are indeed insects of significant environmental and agricultural interest, making the study of their semiochemicals and semiochemicals crucial for their protection, monitoring, and management. Social wasps contribute substantially to various ecosystem services (BROCK *et al.*, 2021). They serve as bioindicators, are used as a food resource in certain cultures, and produce substances with potential medical applications. However, their most significant role, at least based on current knowledge, lies in their function as regulators within ecosystems. Social wasps participate in pollination, decomposition, and seed dispersal, but their most widely recognized function is predation, which helps regulate populations of other arthropods. Members of the families Vespinae and Polistinae, in particular, predominantly prey on Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, and Hemiptera, though their opportunistic nature allows them to target other small arthropods and larvae. Many of their prey species are indeed agricultural pests; for example, the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), which attacks maize, cotton, sugarcane, and several other key crops (SOUTHON *et al.*, 2019; PREZOTO *et al.*, 2019).

The impact of social wasps on arthropod prey populations is potentially huge. Colony sizes vary greatly, from just a few individuals (*e.g.*, Stenogastrinae, or temperate *Polistes*) to several thousand (*e.g.*, hornets of the genus *Vespa*), and even millions (*e.g.*, *Agelaia* species). The protein requirements for developing larvae necessitate the collection of hundreds to thousands of prey items per colony throughout the breeding season. In areas with high wasp densities (*e.g.*, dozens of colonies per hectare, as observed in the invasive hornet *Vespa velutina* Lepelletier, 1836; MONCEAU & THIÉRY, 2017), or in particularly productive colonies (*e.g.*, yellowjackets or large hornet species), predation pressure can be substantial. For instance, it has been estimated that yellowjackets (*Vespula* spp.) in New Zealand remove several kilograms of prey per hectare per season (THOMAS *et al.*, 1990). Despite this natural capital, the potential of social wasps as biocontrol agents remains largely underappreciated by society. Although the idea of using social wasps for pest control is not new (*e.g.* DONOVAN, 2003; PREZOTO *et al.*, 2019; SOUTHON *et al.*, 2019), it has received little practical attention and remains poorly integrated into applied entomology.

From an applied entomology perspective, social wasps also present challenges. They have been responsible for some of the most concerning insect biological invasions worldwide (BEGGS *et al.*, 2011). The most recent and alarming example is the invasion of *Vespa velutina*, a hornet native to Southeast Asia that has been inadvertently introduced into multiple regions (MONCEAU & THIÉRY, 2017). The European invasion, which began in 2004, has become one of the most significant insect invasions of recent decades, with dramatic consequences for beekeeping (*V. velutina* is a voracious predator of honeybees) and broader ecosystem impacts (as it preys on other pollinators as well). Another major concern—applicable to both native and invasive species—is the public health risk associated with social wasps. Their defensive stinging behaviour can cause severe allergic reactions, including potentially fatal anaphylaxis in sensitive individuals (FEAS *et al.*, 2022; TURILLAZZI *et al.*, 2024). Given the synanthropic tendencies of many social wasp species, the increase in global trade, which may facilitate the introduction of non-native wasp species, and climate change, which may expand the range of predominantly warm-adapted species, human-wasp encounters are likely to become more frequent, increasing health-related risks (ZHANG *et al.*, 2024).

Overall, despite a general lack of appreciation, social wasps play key ecological roles and significantly impact human society (BROCK *et al.*, 2021; ELISEI *et al.*, 2021). As such, they represent a taxon that will undoubtedly attract increasing attention in the field of applied entomology in the coming years.

SOCIAL WASPS AND OUR UNDERSTANDING OF ANIMAL SOCIALITY AND COMMUNICATION

A second, but no less important, reason to discuss social wasps in a round table dedicated to insect monitoring and management is that social wasps—*Polistes* in particular—have served as key models for studying animal communication, a fascinating biological phenomenon at the core of this symposium. *Polistes* wasps have been instrumental in advancing our understanding of social life and insect communication.

The pioneering studies of Pardi, for example, demonstrated for the first time the existence of dominance hierarchies in an insect. Subsequent research documented both the proximate and ultimate factors regulating access to dominant positions, the partitioning of resources, and the evolutionary and mechanistic drivers of cooperation (STARKS *et al.*, 2006, SUMNER and CINI, 2021). These studies established *Polistes* wasps as a valuable model and provided a unique window into the study of animal sociality, a role they continue to hold today (JANDT *et al.*, 2014). The ease of working with *Polistes* wasps, combined with specific aspects of their biology—such as their annual colony cycle, relatively small colony size, unenveloped nests, and pronounced defense against intruders—facilitated crucial discoveries in the study of

their communication system. Over the years, seminal research on *Polistes* has led to major breakthroughs, making them one of the insect taxa with the most well-characterized communication systems.

In this lecture, I will focus on the importance of *Polistes* social wasps as models for communication studies, aiming to illustrate—through examples from my own research experiments (though many others exist)—how, even in a well-established model like *Polistes*, which has intrigued, challenged, and engaged researchers since the 1930s and 1940s, there is still much to uncover about communication. In recent decades, indeed, we have witnessed both minor and major paradigm shifts, even within this nearly iconic model.

IS *POLISTES* SOCIAL LIFE IS ONLY GOVERNED BY CHEMICAL?

The genus *Polistes* includes more than 200 species with a cosmopolitan distribution and an annual colony cycle (SUMNER and CINI, 2021). In temperate climates, such as that of *P. dominula*, new colonies are founded in spring by one or more fertilized females. A dominance hierarchy is established among them, resulting in a division of labour: the queen primarily focuses on reproduction, while subordinate females perform colony tasks both inside and outside the nest. This reflects one of the key characteristics of insect societies—cooperative brood care. As a result of the efforts of these founding females, the first worker wasps emerge, contributing to the colony’s growth until it reaches dozens or even hundreds of individuals. Compared to other social insects, this colony size remains relatively small—far from the crowded colonies of *Apis mellifera* or *Atta* ants. Toward the end of summer, reproductive individuals emerge, mate, and only the fertilized females attempt to survive the winter to establish new colonies the following year.

The success of this cycle—from the establishment of hierarchies among the foundresses in spring to colony growth and survival during the crowded summer period, culminating in mating months later—is governed by a complex array of cues and signals. Decades of research, particularly at the turn of the 20th century, have demonstrated the crucial role of chemical communication, identifying a wide range of molecules that act individually or synergistically to mediate almost every aspect of social life—from intra-colony dynamics to mating, from hierarchy establishment to fascinating phenomena such as social parasitism (DANI, 2006; DANI and TURILLAZZI, 2018).

Polistes social life, however, is not solely governed by pheromones. The past 20 years have demonstrated that other sensory channels also play significant roles in the complex signalling system of these social wasps. This lecture presents two case studies illustrating the importance of alternative sensory modalities in communication and the remarkable plasticity with which these wasps switch between different signalling channels. These examples, drawn from my own research, provide insight into the complexity of *Polistes* communication, but clearly only represent a part of the bigger picture.

The first case pertains to intra-colony social dynamics, specifically mother-offspring interactions. A key factor in the success of a spring colony is the rapid growth of the brood, which ensures the early emergence of numerous workers and a robust worker force. It is therefore crucial for the mother to effectively allocate resources: which offspring should receive more food? How should nutrition be regulated? How does she signal the availability of food to the larvae, and how do the larvae communicate their needs? A few years ago, we tried to answer these questions and eventually identified vibrational communication as the mechanism responsible for mother-offspring interactions. Specifically, during larval growth in spring, the mother frequently performs a behavior known as “abdominal wagging,” in which she moves her abdomen laterally, transmitting vibrations through the paper nest. These vibrations consist of alternating short silent intervals and broadband pulses, with most of the energy concentrated at low frequencies (BRILLET *et al.*, 1999; BRENNAN, 2007).

This wagging behavior is conspicuous, frequent, and vigorous, it is closely associated with the presence of larvae and typically performed in the context of feeding. For a long time, it was hypothesized to represent an adult-larva signal, but the evidence remained correlative (BRILLET *et al.*, 1999; BRENNAN, 2007). To test this, we recorded the vibrational signal from various nests, created a representative playback, and played it back to larvae in nests where the mother had been removed (PEPICIELLO *et al.*, 2018). If the signal mediated adult-larva communication, we would expect a response from the larvae. Social wasp larvae are not highly expressive; their movements are limited to stretching, contracting, and slight lateral shifts. By measuring these movements, we found that, compared to silent controls or white noise, larvae exhibited increased movement when exposed to the abdominal wagging signal. Moreover, increased movement correlated with a higher likelihood of receiving food, indicating that larval nutrition is regulated not only by chemical cues but also by vibrational signals (PEPICIELLO *et al.*, 2018). This discovery underscored a previously overlooked channel of communication within the colony: substrate vibrations. Wasps indeed, like other insects, produce substrate-borne vibrations through body oscillations or tapping movements using their antennae and abdomen. These vibrations are detected through chordotonal organs and serve various functions, including dominance regulation and defense (HUNT, 2013; NIERI *et al.*, 2022). In some species, vibrational signals even influence caste determination (SURYANARAYANAN *et al.*, 2011). For decades, *Polistes* research focused primarily on chemical communication, largely neglecting vibrational signalling.

The second example presented concerned visual communication in inter-colony social interactions. One hallmark of social insect colonies is their extreme xenophobia—any intruder approaching the nest is intensely attacked to protect colony resources. This necessitates a reliable nestmate recognition system, which has traditionally been considered to be predominantly based on chemical cues (DANI, 2006). Research since the early

2000s has however unveiled a significance also for visual communication, in particular related to the facial markings of these social wasps (e.g. TIBBETS, 2004). These markings (black spots variable in size and shape on the brighter clypeus), initially linked to dominance quality, are now recognized as crucial cues for several types of social recognition, such as familiar and sexual recognition (CERVO *et al.*, 2015). Their use, however, varies both inter- and intra-specifically, suggesting a remarkable plasticity. While visual cues have been studied in various contexts, their importance had never been tested in the context of nestmate recognition. We tested whether visual cues could be used for nestmate recognition in this species, and more specifically, how their use interacted with the well-known chemical cues (CINI *et al.*, 2019).

The availability and reliability of nestmate recognition cues indeed vary across the colony cycle. Before the emergence of workers, *P. dominula* colonies are rather small (consisting of one to a few individuals), and the variability in facial patterns might be sufficient for resident wasps to use visual cues for nestmate recognition. After worker emergence, however, the increase in the number of colony members drastically reduces the reliability of visual cues in discriminating friends (nestmates) from foes (intruders), thus likely leaving chemical cues as the most reliable recognition cues. By experimentally separating visual and chemical cues of nestmates and non-nestmates and presenting them alone or in combination (with coherent or mismatched cues) to resident wasps, we were able to test which communication channel was used in the two stages and, if applicable, how visual and chemical cues interacted. Our results supported the hypothesis of a differential use of chemical and visual cues throughout the colony life cycle (CINI *et al.*, 2019). This finding highlights the high plasticity of social wasp communication, in which the sensory channels used for such a crucial aspect of social life can vary depending on the reliability of the cues for recognition.

FUTURE PERSPECTIVES

There were two main take-home messages from the lecture. The first was that paper wasps exhibit plastic and multimodal communication, involving at least chemical, visual, and vibrational cues for both intra- and inter-colonial social dynamics. It is hoped that a better understanding of wasp social life and communication will also enhance their recognition as important key players in our ecosystems and societies. The second message was that the high plasticity observed across different contexts suggests a limited external validity of results obtained in a single and/or specific context, life stage, or phenotype. Even in a well-established model species, unexpected discoveries continue to reshape our understanding, underscoring the need for further research. This might sound like a cautionary note, as it implies that we still lack sufficient replication in insect communication studies. Missing the full picture will hinder our progress toward effective monitoring, pro-

tection, and/or management of insect species of societal interest, whether they are noxious pests or species worthy of conservation.

ACKNOWLEDGMENTS

I warmly thank the organizers of the round table for their invitation, the A.N.I.E. for hosting such an insightful event and the audience for the fruitful discussions of that day. I also warmly thank all the colleagues of Gruppo Vespe for the many discussions of these years.

REFERENCES

- BEGGS J.R., BROCKERHOFF E.G., CORLEY J.C., KENIS M., MASCIOCCHI M., MULLER F., ROME Q., VILLEMANT C., 2011 – *Ecological effects and management of invasive alien Vespidae*. - BioControl, 56: 505-526.
- BRENNAN B.J., 2007 – *Abdominal wagging in the social paper wasp Polistes dominulus: behavior and substrate vibrations*. - Ethology, 113(7):692-702.
- BRILLET C., TIAN-CHANSKY S.S., CONTE Y.L., 1999 – *Abdominal waggings and variation of their rate of occurrence in the social wasp, Polistes dominulus Christ. I. Quantitative analysis*. - Journal of Insect Behavior, 12: 665-686.
- BROCK R.E., CINI A., SUMNER S., 2021 – *Ecosystem services provided by aculeate wasps*. - Biological Reviews, 96(4): 1645-1675.
- CERVO R., CINI A., TURILLAZZI, S., 2015 – *Visual recognition in social wasps*. Social recognition in invertebrates: the knowns and the unknowns, pp.125-145.
- CINI A., CAPPÀ F., PEPICIELLO I., PLATANIA L., DAPPORTO L., CERVO R., 2019 – *Sight in a clique, scent in society: plasticity in the use of nestmate recognition cues along colony development in the social wasp Polistes dominula*. - Frontiers in Ecology and Evolution, 7, p.444.
- CINI A., CASACCI L.P., NEHRING, V., 2021 – *Uncovering variation in social insect communication*. - Current Zoology, 67(5): 515-518.
- DANI F.R., TURILLAZZI S., 2018 – *Chemical communication and reproduction partitioning in social wasps*. - Journal of chemical ecology, 44: 796-804.
- DANI F.R., 2006 – *Cuticular lipids as semiochemicals in paper wasps and other social insects*. In: Annales Zoologici Fennici (pp. 500-514). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- DONOVAN B., 2003.- *Potential manageable exploitation of social wasps, Vespula spp. (Hymenoptera: Vespidae), as generalist predators of insect pests*. - International Journal of Pest Management, 49 (4): 281–285.
- EL-GHANY N.M.A., 2019 – *Semiochemicals for controlling insect pests*. - Journal of Plant Protection Research, 59(1).
- ELISEI T., JUNIOR C.R., PREZOTO, F., 2021– *Economic importance of neotropical social wasps*. - Neotropical Social Wasps: Basic and applied aspects, pp.443-457.
- FEÁS X., VIDAL C., REMESAR S., 2022 – *What we know about Sting-related deaths? Human fatalities caused*

- by *Hornet, Wasp and Bee Stings in Europe* (1994–2016). - *Biology*, 11(2), 282.
- GADENNE C., BARROZO R.B., ANTON S., 2016 – *Plasticity in insect olfaction: to smell or not to smell?* - *Annual review of entomology*, 61(1): 317-333.
- GUERRERO A., REDDY G.V., 2023 – *Chemical Communication in Insects: New Advances in Integrated Pest Management Strategies*. - *Insects*, 14(10), p.799.
- HUNT J.H., RICHARD, F.J., 2013 – *Intracolony vibroacoustic communication in social insects*. - *Insectes Sociaux*, 60: 403-417.
- JANDT J.M., TIBBETTS E.A., TOTH, A.L., 2014 – *Polistes paper wasps: a model genus for the study of social dominance hierarchies*. - *Insectes Sociaux*, 61: 11-27.
- MONCEAU K., THIÉRY D., 2017 – *Vespa velutina nest distribution at a local scale: An 8-year survey of the invasive honeybee predator*. - *Insect Science*.
- NIERI R., CINI A., ROSSI STACCONI M.V., PEPICIELLO I., MAZZONI V., CERVO R., 2022 – *Biotremology of social wasps: the next step to understand wasps' social life*. In: *Biotremology: Physiology, Ecology, and Evolution* (pp. 437-470). Cham: Springer International Publishing.
- OTTE T., HILKER M., GEISELHARDT S., 2018 – *Phenotypic plasticity of cuticular hydrocarbon profiles in insects*. - *Journal of Chemical Ecology*, 44: 235-247.
- PATRICELLI G.L., HEBETS E.A., 2016 – *New dimensions in animal communication: the case for complexity*. - *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 12: 80-89.
- PEPICIELLO I., CINI A., NIERI R., MAZZONI V., CERVO R., 2018 – *Adult-larval vibrational communication in paper wasps: the role of abdominal wagging in Polistes dominula*. - *Journal of Experimental Biology*, 221, no. 20: jeb186247.
- POLAJNAR J., ERIKSSON A., LUCCHI A., ANFORA G., VIRANT-DOBERLET M., MAZZONI V., 2015 – *Manipulating behaviour with substrate-borne vibrations–potential for insect pest control*. - *Pest Management Science*, 71(1): 15-23.
- PREZOTO F., MACIEL T.T., DETONI M., MAYORQUIN A.Z., BARBOSA B.C., 2019 – *Pest control potential of social wasps in small farms and urban gardens*. - *Insects*, 10(7), p.192.
- RENOU M., ANTON S., 2020 – *Insect olfactory communication in a complex and changing world*. - *Current Opinion in Insect Science*, 42: 1-7.
- SMART L.E., ARADOTTIR G.I., BRUCE T.J.A., 2014 – *Role of semiochemicals in integrated pest management*. In: *Integrated pest management* (pp. 93-109). Academic Press.
- SOUTHON R.J., FERNANDES O.A., NASCIMENTO F.S., SUMNER S., 2019 – *Social wasps are effective biocontrol agents of key lepidopteran crop pests*. - *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1914), p.20191676.
- STARKS P.T., TURILLAZZI S., WEST-EBERHARD M.J., 2006 – *Polistes paper wasps: emergence of a model genus*. In: *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 43, No. 5-6, pp. 385-386). Helsinki: Suomen Biologian Seura Vanamo, 1964-.
- STRAUSS J., STRITIH-PELJHAN N., NIERI R., VIRANT-DOBERLET M., MAZZONI V., 2021 – *Communication by substrate-borne mechanical waves in insects: from basic to applied biotremology*. In: *Advances in insect physiology* (Vol. 61, pp. 189-307). Academic Press.
- SUMNER S., CINI A., 2021 – *Paper wasps* (Polistes). *Encyclopedia of Social Insects*, pp.697-709.
- SURYANARAYANAN S., HERMANSON J.C., JEANNE R.L., 2011 – *A mechanical signal biases caste development in a social wasp*. - *Current Biology*, 8;21(3): 231-5.
- THOMAS C.D., MOLLER H., PLUNKETT G.M., HARRIS R. J., 1990 – *The prevalence of introduced Vespula vulgaris wasps in a New Zealand beech forest community*. - *New Zealand Journal of Ecology*, 13 (1): 63–72.
- TIBBETTS E.A., 2004 – *Complex social behaviour can select for variability in visual features: a case study in Polistes wasps*. - *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1551):1955-1960.
- TIBBETTS E.A., PANDIT S., NONDORF D., 2018 – *Developmental plasticity and the origin of novel communication systems: Individual recognition in Polistes wasps*. - *Evolution*, 72(12): 2728-2735.
- TURILLAZZI S., TURILLAZZI F., SEVERINO M. 2024 – *Global economic trade and climate change influence stinging social wasp distribution and appropriate venom immunotherapy*. - *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, 156(3): 111-121.
- WITZGALL P., KIRSCH P., CORK A., 2010 – *Sex pheromones and their impact on pest management*. - *Journal of chemical ecology*, 36: 80-100.
- ZHANG X., NIE P., HU X., FENG, J., 2024 – *Future range expansions of invasive wasps suggest their increasing impacts on global apiculture*. - *Insects*, 15(7), p.546.

INTEGRAZIONE DI STIMOLI VISIVI NEI PROTOCOLLI DI MONITORAGGIO DI COLEOTTERI DEL LEGNO

DAVIDE RASSATI^a - LAURA BESANA^a - GIACOMO CVALETTTO^a - GIACOMO SANTOIEEMMA^a

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

Corresponding Author: Davide Rassati, E-mail: davide.rassati@unipd.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario”. Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Integrating visual stimuli in trapping protocols for wood-boring beetles

Longhorn beetles (Coleoptera; Cerambycidae) are one of the largest, most diverse, ecologically and economically important family of beetles in the world. Several longhorn beetles showcase color patterns on their elytra that have likely evolved as a mechanism to gain protection from natural enemies and which might also be used as visual cues for intraspecific communication. In such cases, copying visual features that are important for mate finding on trapping devices used for monitoring native and non-native species might potentially increase trap efficacy. To test this hypothesis, we carried out three trapping trials in Italy targeting three longhorn beetle species, namely *Xylotrechus antilope*, *Xylotrechus stebbingi* and *Neoclytus acuminatus*. In each trapping trial, we compared the efficacy of plain black intercept panel traps with panel traps displaying visual stimuli recalling the elytral patterns of the targeted species. For *X. antilope* we found that traps with panels of the same yellow as the beetle's elytra performed significantly better than the black control traps. For *N. acuminatus*, significantly more individuals were collected in traps with panels displaying the pattern and the color of the elytral stripes than in black-colored traps. *Xylotrechus stebbingi*, instead, did not show any preference for a given trap design. Our study showed that the integration of visual stimuli on traps can improve their efficacy towards certain longhorn beetles, aiding monitoring and survey programs for native and non-native species.

KEY WORDS: Cerambycidae, insect vision, monitoring, surveillance

INTRODUZIONE

Gli stimoli visivi e olfattivi svolgono un ruolo fondamentale durante il processo di localizzazione delle risorse da parte degli insetti (PROKOPY e OWENS, 1983). Il contrasto cromatico e acromatico con lo sfondo e la dimensione dell'oggetto sono di grande importanza per localizzare le fonti di cibo, potenziali partner o siti di ovideposizione (PROKOPY e OWENS, 1983; SPAETHE *et al.*, 2001; VAN DER KOOI e KELBER, 2022). L'applicazione di tecniche di elettroretinografia ha mostrato come, nella gran parte delle specie diurne analizzate, siano presenti tre tipologie di fotorecettori, sensibili alle lunghezze d'onda del verde, del blu, e dell'ultravioletto vicino. Questa tipologia di visione tricromatica probabilmente rappresenta la condizione ancestrale per gli insetti pterigoti (BRISCOE e CHITTKA, 2001; VAN DER KOOI *et al.*, 2021). Tuttavia esistono variazioni significative nella sensibilità al colore all'interno delle famiglie o anche all'interno dei generi (VAN DER KOOI *et al.*, 2021). Non sorprende quindi che i ricercatori in entomologia applicata abbiano cercato di sfruttare gli stimoli visivi per aumentare l'attrattiva dei dispositivi utilizzati nei programmi di monitoraggio.

Tra le varie modalità sensoriali utilizzate dagli insetti, le caratteristiche visive sono le più facili da implementare nelle trappole. L'attrazione visiva può essere migliora-

ta presentando un colore uniforme o uno specifico schema cromatico. Ad esempio, *pan-traps* blu, gialle e/o bianche sono ampiamente utilizzate come metodo di campionamento passivo negli studi ecologici focalizzati sugli impollinatori (CAMPBELL e HANULA, 2007; O'CONNOR *et al.*, 2019). Le trappole adesive gialle o blu sono comunemente utilizzate nelle strategie di gestione di tripidi, afidi e altri parassiti in campo e nelle serre (SEMEAO *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2018). Le trappole verdi o viola vengono utilizzate per il monitoraggio di coleotteri buprestidi, comprese le specie appartenenti al genere *Agrius* (CAVALETTTO *et al.*, 2020; PERKOVICH *et al.*, 2022). Per alcuni gruppi tassonomici è stato anche riscontrato che la combinazione di più colori contrastanti o l'aggiunta di schemi visivi specifici sulla superficie della trappola risultano più attraenti rispetto ad un colore uniforme. Ad esempio, l'aggiunta di motivi neri su trappole adesive gialle moderatamente traslucide aumenta le catture della mosca bianca *Trialeurodes vaporariorum* (SAMPSON *et al.*, 2018). Allo stesso modo, le trappole a pannello che imitano il colore della corteccia di alberi di pino massimizzano le catture della vespa del legno *Sirex noctilio* (MASAGUÈ *et al.*, 2025). Nonostante molti studi evidenzino come gli stimoli visivi siano in grado di influenzare l'efficacia delle trappole nei confronti di molte specie di insetti, gli effetti su alcuni gruppi tassonomici, compresi

i coleotteri cerambicidi, sono ancora poco studiati.

I coleotteri cerambicidi (Coleoptera; Cerambycidae) sono una delle famiglie di coleotteri più numerose attualmente esistenti (ROSSA e GOCZAL, 2021). Questi insetti, a causa del commercio di materiali legnosi e piante vive (WU *et al.*, 2017), vengono frequentemente introdotti al di fuori del loro areale di origine dove possono causare notevoli danni economici ed ecologici. *Anoplophora*

glabripennis, ad esempio, è compresa tra le prime 10 specie di animali più costose per quanto riguarda la gestione post-invasione (CUTHBERT *et al.*, 2022). Le attività di monitoraggio di cerambicidi autoctoni o alloctoni si sono finora basate principalmente sull'uso di trappole nere attivate con miscele di feromoni e sostanze volatili di specie ospiti (DODDS *et al.*, 2024). Tale approccio è basato principalmente su studi che dimostrano come alcune specie di cerambicidi, perlopiù associati a conifere, vengano catturate in numero maggiore nelle trappole nere che in quelle bianche o trasparenti (DE GROOT e NOTT, 2001; CAMPBELL e BORDEN, 2009; KERR *et al.*, 2017). Tuttavia, data la grande diversità tassonomica ed ecologica dei cerambicidi, non sorprende che studi recenti abbiano mostrato l'attrazione di molte specie verso colori diversi dal nero (RASSATI *et al.*, 2019; CAVALETTO *et al.*, 2021; LYU *et al.*, 2021; SUKOVATA *et al.*, 2022). Questo trend è risultato evidente non solo per le specie floricole (TOSHOVA *et al.*, 2016; CAVALETTO *et al.*, 2021), per le quali i colori tipici dei fiori potrebbero rappresentare stimoli visivi sfruttati durante la ricerca di polline o nettare, ma anche per numerose specie non floricole (CAVALETTO *et al.*, 2021). Per queste ultime, i colori presenti sul corpo potrebbero rappresentare stimoli visivi sfruttati durante la ricerca del partner (FUKAYA *et al.*, 2004, 2005; JOHNSON *et al.*, 2019). Diverse specie di cerambicidi presentano infatti sulle loro elitre schemi cromatici probabilmente evoluti come meccanismo di protezione dai nemici naturali (LINSLEY *et al.*, 1959; GOCZAL e BEUTEL, 2023) ma che potrebbero anche essere usati come stimoli visivi nella comunicazione intraspecifica. Riprodurre questi schemi cromatici sui dispositivi di trappolaggio potrebbe pertanto aumentarne notevolmente l'efficacia.

METODOLOGIA UTILIZZATA

E RISULTATI PRINCIPALI DELLO STUDIO

In uno studio eseguito nella regione Veneto nel corso del 2023 è stato testato se l'aggiunta sulle trappole di stimoli visivi specifici per specie di cerambicidi non floricole potesse aumentare l'efficacia delle stesse. In particolare sono state svolte tre prove di trappolaggio, ognuna delle quali indirizzata ad una delle seguenti specie di cerambicidi: *Neoclytus acuminatus* (Fabricius), *Xylotrechus antilope* (Schonherr) e *Xylotrechus stebbingi* Gahan. In ciascuna prova si è confrontata l'efficacia delle trappole a pannello nere, comunemente in uso, con l'efficacia delle stesse trappole modificate sostituendo i pannelli neri con pannelli che riproducevano diversi stimoli richiamanti gli schemi elitrali delle specie target (Fig. 1). Tutte le trappole sono state posizionate a livello della chioma degli alberi e sono state attivate con feromoni specie specifici ed etanolo.

Per *X. antilope* le trappole con pannelli dello stesso giallo caratterizzante le strisce elitrali sono risultate significativamente più efficaci rispetto alle trappole di controllo nere (Fig. 2A). Questa marcata preferenza per le trappole gialle, rispetto a quelle nere, è già stata osservata in studi precedenti (CAVALETTO *et al.*, 2021) ed è tipica

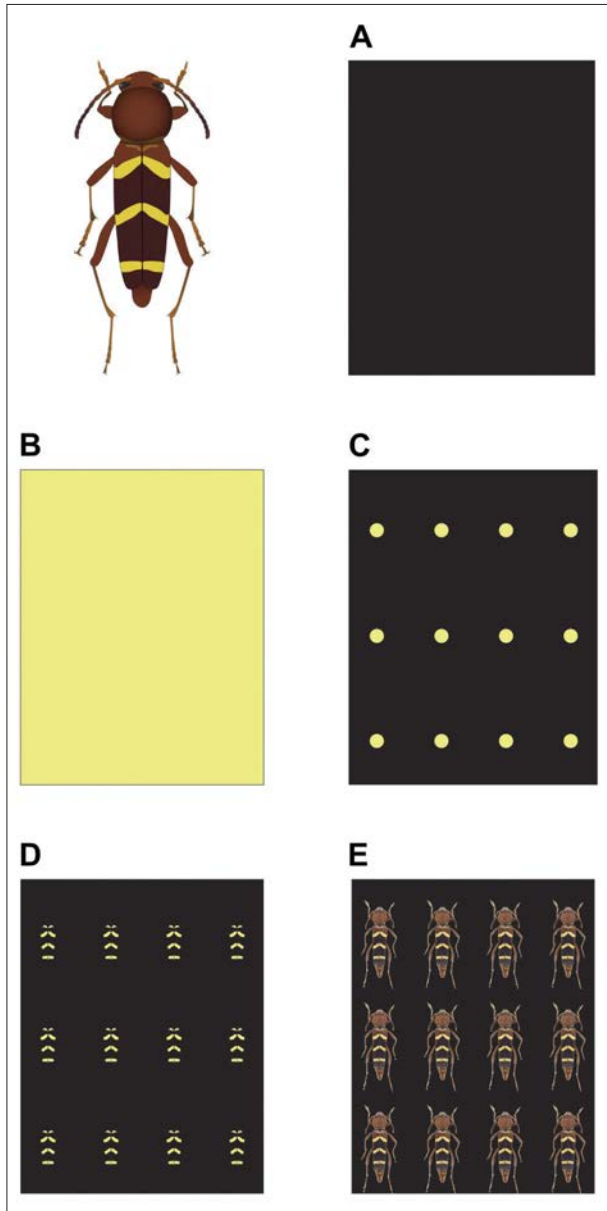


Fig. 1 - Stimoli visivi utilizzati per la specie *N. acuminatus*. A) trappole di controllo nere; B) trappole con pannelli dello stesso colore delle strisce presenti sulle elitre; C) trappole con pannelli neri sui quali sono stati riprodotti cerchi dello stesso colore delle strisce presenti sulle elitre; D) trappole con pannelli neri sui quali è stato riprodotto il pattern e il colore delle strisce presenti sulle elitre; E) trappole con pannelli neri sui quali è stata stampata una fotografia dell'individuo adulto. Gli stessi stimoli visivi sono stati utilizzati anche per le altre due specie target ma adattati ai colori e ai pattern della specie in oggetto.

delle specie di cerambicidi floricole (TOSHOVA *et al.*, 2016; CAVALETTO *et al.*, 2021). Tuttavia, *X. antilope* non è una specie floricola, dunque l'attrazione per il giallo potrebbe essere un meccanismo coinvolto nella localizzazione del partner. Il colore giallo caratterizzante le strisce presenti sulle elitre, probabilmente evoluto come una strategia di mimetismo batesiano (LINSLEY, 1959; GOCZAL e BEUTEL, 2023), potrebbe essere utilizzato dagli adulti insieme al feromone specifico come segnale durante la

individuati morti, suggerendo l'importanza per questa specie di combinare diverse tipologie di stimoli per aumentare l'attrattività delle trappole. *Xylotrechus stebbingi*, invece, non ha mostrato alcuna preferenza per gli stimoli visivi utilizzati sulle trappole. *Xylotrechus stebbingi* non visita i fiori, può essere attivo sia durante il giorno che durante la notte e la sua colorazione (elitre marroni con strisce grigio chiaro) probabilmente si è evoluta più come una strategia di mimetismo criptico che come una colora-

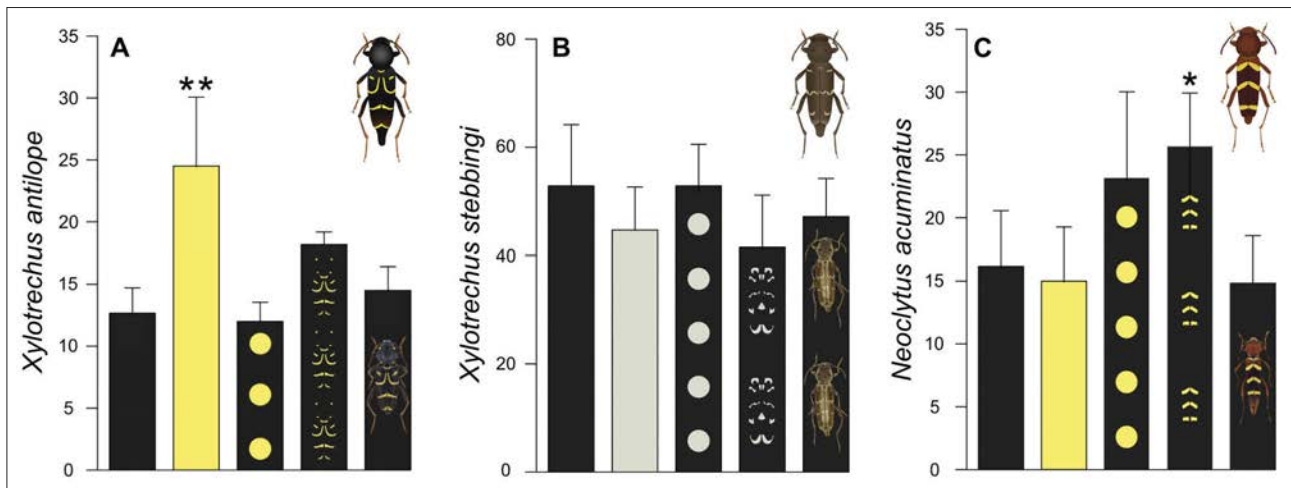


Fig. 2 - Numero di individui medio (+ errore standard) di *X. antilope* (A), *X. stebbingi* (B) e *N. acuminatus* (C) catturati utilizzando trappole sui cui pannelli sono stati riprodotti i diversi stimoli visivi. All'interno di ciascun istogramma, gli stimoli visivi che hanno reso in modo significativamente diverso dalle trappole di colore nero sono indicati con un numero di asterischi proporzionale al p-value come segue: ** = 0.001- 0.01; * = 0.01 - 0.05.

ricerca del partner. Di conseguenza, è lecito ipotizzare che i pannelli gialli delle trappole abbiano agito da "superstimolo" (PROKOPY e OWENS, 1983).

Tendenze diverse rispetto alla specie precedente sono state invece osservate per *N. acuminatus* e *X. stebbingi*. Le catture di *N. acuminatus* sono risultate significativamente maggiori nelle trappole che riproducevano il pattern e il colore delle strisce elitrati rispetto alle trappole con pannelli neri (Fig. 2C). Come *X. antilope*, anche *N. acuminatus* è una specie non floricola che probabilmente sfrutta una strategia di mimetismo batesiano. È quindi possibile che gli adulti utilizzino la geometria e il colore delle strisce presenti sulle elitre come stimoli visivi durante la ricerca del partner. Gli insetti sono ben noti per sfruttare il colore e la dimensione delle macchie presenti sul loro corpo per molteplici scopi, come per esempio la scelta del partner (BADEJO *et al.*, 2020; MUKHERJEE e MAKAL, 2021), e non sarebbe sorprendente se un meccanismo simile si fosse evoluto anche in alcuni cerambicidi diurni. Questa ipotesi è anche supportata da JOHNSON *et al.*, (2019), i quali hanno scelto come specie target *Megacyllene caryae* (Gahan), simile per biologia ed ecologia a *N. acuminatus*. In questo studio, gli autori hanno sperimentato trappole con diverse combinazioni di stimoli olfattivi e visivi, collocando feromoni specifici e individui adulti morti in diversi trattamenti. La combinazione che ha massimizzato le catture è stata quella in cui il feromone specifico era presente unitamente agli

zione di avvertimento. Pertanto, è ragionevole ipotizzare che *X. stebbingi* utilizzi maggiormente stimoli olfattivi piuttosto che quelli visivi per orientarsi nell'ambiente e cercare un partner.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti hanno messo in evidenza come l'integrazione di stimoli visivi sulle trappole possa migliorarne l'efficacia di cattura nei confronti dei cerambicidi, con benefici diretti per i programmi di monitoraggio e di sorveglianza fitosanitaria rivolti a specie native ed esotiche. L'uso di questi stimoli può essere particolarmente importante per quelle specie per cui non sono ancora disponibili feromoni specifici o per quelle per cui gli attrattivi disponibili non sono particolarmente efficaci. Inoltre, i risultati ottenuti suggeriscono che ulteriori sviluppi dei sistemi di trappolaggio trarrebbero grande vantaggio da una migliore comprensione dei meccanismi che regolano la visione nei cerambicidi, al momento estremamente limitata (VAN DER KOOI *et al.*, 2021). Ad esempio, l'elettrofisiologia combinata con studi comportamentali potrebbe aiutare a chiarire come i cerambicidi utilizzino i colori in condizioni naturali (SANTER e ALLEN, 2024). Questo approccio più completo è già stato utilizzato per altri coleotteri xilofagi e può contribuire significativamente a superare le limitazioni associate a studi basati esclusivamente su prove di campo.

BIBLIOGRAFIA

- BADEJO O., SKALDINA O., GILEV A., SORVARI J., 2020 – *Benefits of insect colours: a review from social insect studies.* - *Oecologia*, 194: 27–40.
- BRISCOE A.D., CHITTKA L., 2001 – *The evolution of color vision in insects.* - *Annu. Rev. Entomol.*, 46: 471–510.
- CAMPBELL J.W., HANULA J.L., 2007 – *Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems.* - *J. Insect Conserv.*, 11: 399–408.
- CAMPBELL S.A., BORDEN J.H., 2009 – *Additive and synergistic integration of multimodal cues of both hosts and non-hosts during host selection by woodboring insects.* - *Oikos*, 118: 553–563.
- CAVALETTO G., FACCOLI M., MARINI L., SPAETHE J., MAGNANI G., RASSATI D., 2020 – *Effect of trap color on captures of bark-and wood-boring beetles (Coleoptera: Buprestidae and Scolytinae) and associated predators.* - *Insects*, 11: 749.
- 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.
- 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.
- 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.
- FUKAYA M., AKINO T., YASUI H., YASUDA T., WAKAMURA S., YAMAMURA K., 2005 – *Effect of size and color of female models for male mate orientation in the white spotted longicorn beetle Anoplophora malasiaca (Coleoptera: Cerambycidae).* - *Appl. Entomol. Zoolog.*, 40: 513–519.
- GOCZAL J., BEUTEL R.G., 2023 – *Beetle elytra: evolution, modifications and biological functions.* - *Biol. Lett.*, 19: 20220559.
- JOHNSON T.D., HANSON E., YU A., 2019 – *Adults of the cerambycid beetle Megacyllene caryae use both olfactory and visual information to locate mates.* - *Entomol. Exp. Appl.*, 167: 500–506.
- 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.
- LINSLEY E.G., 1959 – *Mimetic form and coloration in the Cerambycidae (Coleoptera).* - *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 52: 125–131.
- LYU F., HAI X.X., WANG Z.G., 2021 – *Green-colored paperboard enhances the Asian longhorned beetle response to host plant odor cues.* - *J. Pest Sci.*, 94: 1345–1355.
- MASAGUÈ S., BRUCHHAUSEN A., ROZAS G., DE LA VEGA G.J., VILLACIDE J., CORLEY J.C., MARTÍNEZ A.S., 2024 – *The relevance of integrating multiple sensory modalities into capturing devices: the case of the global pest Sirex noctilio.* - *Agric. For. Entomol.*, 27: 100–110.
- MUKHERJEE A., MAKAL A., 2021 – *Visual and olfactory cues for mate recognition in male pumpkin beetle, Aulacophora foveicollis.* - *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 41: 725–735.
- O’CONNOR R.S., KUNIN W.E., GARRATT M.P., POTTS S.G., ROY H.E., ANDREWS C., JONES C.M., PEYTON J.M., SAVAGE J., HARVEY M.C., MORRIS R.K.A., ROBERTS S.P.M., WRIGHT I., VANBERGEN A.J., CARVELL C., 2019 – *Monitoring insect pollinators and flower visitation: the effectiveness and feasibility of different survey methods.* - *Methods Ecol. Evol.*, 10: 2129–2140.
- PERKOVICH C.L., ADDESSO K.M., BASHAM J.P., FARE D.C., YOUSSEF N.N., OLIVER J.B., 2022 – *Effects of color attributes on trap capture rates of Chrysobothris femorata (Coleoptera: Buprestidae) and related species.* - *Environ. Entomol.*, 51: 737–746.
- PROKOPY R.J., OWENS E.D., 1983 – *Visual detection of plants by herbivorous insects.* - *Annu. Rev. Entomol.*, 28: 337–364.
- 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.
- ROSSA R., GOCZAL J., 2021 – *Global diversity and distribution of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae).* - *Eur. Zool. J.*, 88: 289–302.
- SAMPSON C., COVACI A.D., HAMILTON J.G., HASSAN N., AL-ZAIDI S., KIRK W.D., 2018 – *Reduced translucency and the addition of black patterns increase the catch of the greenhouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum, on yellow sticky traps.* - *PloS One*, 13: e0193064
- SANTER R.D., ALLEN W.L., 2024 – *Optimising the colour of traps requires an insect’s eye view.* - *Pest Manag. Sci.*, 80: 931–934.
- SEMEAO A.A., CAMPBELL J.F., WHITWORTH R.J., SLODERBECK P.E., 2011 – *Response of Tribolium castaneum and Tribolium confusum adults to vertical black shapes and its potential to improve trap capture.* - *J. Stored Prod. Res.*, 47: 88–94.
- SILVA D., SALAMANCA J., KYRYCZENKO-ROTH V., ALBORN H.T., RODRIGUEZ-SAONA C., 2018 – *Comparison of trap*

- types, placement, and colors for monitoring *Anthonomus musculus* (Coleoptera: Curculionidae) adults in highbush blueberries. - J. Insect Sci., 18: 19.
- SPAETHE, J., TAUTZ J., CHITTKA L., 2001 – *Visual constraints in foraging bumblebees: flower size and color affect search time and flight behavior.* - Proc. Natl. Acad. Sci., 98: 3898–3903.
- 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.
- TOSHOVA T.B., SUBCHEV M., ABAEV V., VUTS J., IMREI Z., KOCZOR S., GALL, Z., VAN DE VEN R., TOTH M., 2016 – *Responses of Pseudovadonia livida adults to olfactory and visual cues.* - Bull. Insectology, 69: 161–172.
- VAN DER KOOI C.J., KELBER A., 2022 – *Achromatic cues are important for flower visibility to hawkmoths and other insects.* - Front. Ecol. Evol., 10: 819436.
- VAN DER KOOI C.J., STAVENGA D.G., ARIKAWA K., BELUŠIČ G., KELBER A., 2021 – *Evolution of insect color vision: from spectral sensitivity to visual ecology.* - Annu. Rev. Entomol., 66: 435–461.
- WU Y., TREPANOWSKI N.F., MOLONGOSKI J.J., REAGEL P.F., LINGAFELTER S.W., NADEL H., SCOTT W.M., RAY A.M., 2017 – *Identification of wood-boring beetles (Cerambycidae and Buprestidae) intercepted in trade-associated solid wood packaging material using DNA barcoding and morphology.* - Sci. Rep., 7: 40316.

VIBRAZIONI NELL'ARMADIO: LA COMUNICAZIONE VIBRAZIONALE DI TARLI E TARME

RACHELE NIERI^a - KÜRŞAT MUSTAFA TEMEL^a - RUDY PLARRE^b - GIANFRANCO ANFORA^{a, c}

^a Centro Agricoltura Alimenti Ambiente, Università di Trento, Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN).

^b Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Germany.

^c Centro Ricerche e innovazione, Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN).

Corresponding Author: rachele.nieri@unitn.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Integrazione di semiochimici e semiofisici per lo sviluppo di sistemi innovativi multimodali per la protezione, il monitoraggio e il controllo di insetti di interesse ambientale ed agrario". Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze, 16 febbraio 2024.

Vibrations in the wardrobe: vibrational communication of cloth moths and wood borers

The world's cultural heritage includes items made of organic materials that have been utilized since antiquity for both everyday objects and artworks. These items face continuous risks of biodeterioration caused by biological agents like microorganisms and invertebrates, with insects causing the most significant damage. Current integrated pest management approaches focus on environmental control and monitoring to prevent infestations and reduce chemical treatments. However, practical challenges often delay infestation detection until significant damage has occurred. Emerging research in applied biotremology, a neglected communication modality, is essential for understanding insect behavioral ecology and improving monitoring techniques. This work explores the production and role of vibrations in the ecological behavior of wood borer beetles and cloth moths, highlighting the need for further research to develop more efficient detection methods and enhance pest control strategies.

KEY WORDS: Biotremology, urban pests, pest management, behavioral ecology

INTRODUZIONE

Il patrimonio culturale mondiale è in parte costituito da beni realizzati con materiali organici (COLOMBINI & MODUGNO, 2009; GREEN, 2006). Fin dall'antichità, infatti, materiali come il legno o le piume o il pelo di animali sono stati utilizzati per creare sia oggetti di uso comune, che oggi restano a memoria di tradizioni e usi, sia opere d'arte al cui valore manufattoriale va aggiunto quello artistico. Tutti questi oggetti sono continuamente esposti al rischio del biodeterioramento, un processo di degrado del materiale ad opera di agenti biologici, come microrganismi e invertebrati (UNGER *et al.*, 2001). Gli insetti sono tra gli agenti a causare i danni maggiori, poiché nutrendosi del materiale stesso causano danni diretti, come la perdita del materiale e l'alterazione dell'integrità strutturale, e danni indiretti come l'accesso ad attacchi secondari spesso ad opera di microorganismi (QUERNER, 2015; TREMATERRA & PINNIGER, 2018). I due gruppi di insetti di maggiore impatto per la conservazione dei beni culturali sono i coleotteri saproxilici, soprattutto Ptinidi e Cerambicidi, e le tarme, alcune specie di lepidotteri appartenenti alla famiglia Tineidae che si cibano di materiale contenente cheratina (POURNOU, 2020; KONSAL *et al.*, 2022).

Attualmente l'approccio integrato alla gestione delle infestazioni nei luoghi di conservazione dei beni culturali è la prima scelta per poter prevenire le infestazioni e ridurre i trattamenti chimici, come richiesto anche dalle recenti direttive europee (SWEDISH NATIONAL HERITAGE

BOARD, 2019; QUERNER *et al.*, 2022). La prevenzione si effettua principalmente tramite il controllo delle condizioni ambientali, quali temperature e umidità, e il monitoraggio. Tuttavia questi mezzi non sono sempre attuabili per problemi pratici di spazi non adeguati o non climatizzati, mancanza di personale specializzato e di fondi. Questo porta spesso all'identificazione delle infestazioni in uno stadio avanzato, quando il danno è già avvenuto e il materiale è perso o compromesso. In questa fase le opzioni di trattamento sono di tipo chimico, tramite applicazione di insetticidi, o fisico, come l'esposizione al freddo, alle microonde o ad atmosfere controllate. Sebbene questi ultimi permettano trattamenti privi di residui tossici e ridotti rischi per la salute, non garantiscono prevenzione da future infestazioni e sono spesso costosi e difficili da applicare a opere di grandi dimensioni. Inoltre, i trattamenti chimici per oggetti conservati in luoghi frequentati da persone sono limitati a pochi principi attivi, aumentando il rischio di sviluppare resistenze (HADDI *et al.*, 2023).

Negli ultimi anni, soprattutto in ambito agronomico, la biotremologia applicata sta emergendo come un approccio fondamentale per comprendere meglio l'ecologia comportamentale anche di specie note e per sviluppare e migliorare tecniche di monitoraggio e controllo (MAZZONI & ANFORA, 2021; MAZZONI *et al.*, 2024). Si tratta di una disciplina scientifica che studia come le vibrazioni, intese come onde meccaniche che viaggiano attraverso substrati solidi, vengono emesse dagli organismi e come

possono modificare il comportamento e/o la fisiologia di organismi dannosi. A causa del suo recente sviluppo sono ancora poche le specie in cui questa tecnica è stata indagata.

LA BIOTREMOLOGIA DEI COLEOTTERI SAPROXILICI E DELLE TARME

Le larve dei coleotteri saproxilici hanno mandibole particolarmente sclerotizzate, adatte a rompere le fibre legnose di cui si nutrono (CHIAPPINI & ALDINI, 2011). Durante questa rottura, producono delle vibrazioni caratteristiche che si propagano nella struttura lignea. Le vibrazioni nelle specie di dimensioni maggiori, come i cerambicidi, sono talmente forti da essere udibili come suoni e hanno portato allo sviluppo di tecniche di individuazione delle infestazioni basate sull'uso di sensori da contatto, come gli stetoscopi o, più recentemente, i microfoni da contatto (CREEMERS, 2015; MARTINEZ *et al.*, 2023). I sensori utilizzati sono stati migliorati con l'uso di amplificatori, ma fino ad oggi gli strumenti in commercio richiedono un monitoraggio attivo e costante dell'operatore. Recentemente, si è cercato di automatizzare il processo utilizzando tecniche computazionali e di intelligenza artificiale, come le reti neurali (LI *et al.*, 2024; JIANG *et al.*, 2024). Tuttavia, la variabilità delle vibrazioni prodotte da diversi stadi di sviluppo e condizioni ambientali non ha ancora permesso una standardizzazione del metodo, ma con l'acquisizione di maggiori dati e lo sviluppo tecnologico sarà probabilmente possibile in futuro.

Al contrario delle larve, gli adulti sono stati poco studiati per la produzione di suoni e, ancora meno, per quella di vibrazioni. Un'eccezione è rappresentata da *Xestobium rufovillosum* (Coleoptera: Ptinidae), i cui adulti, percuotendo il legno con il capo, emettono un caratteristico suono che gli è valso il nome comune di 'orologio della morte' (BIRCH & KEENLYSIDE, 1991). La componente vibrazionale prodotta dal ticchettio è correlata al genere e a caratteristiche individuali, tanto da essere utilizzata dalle femmine per la scelta del maschio e dai maschi per localizzare le femmine (WHITE & BIRCH, 1988). Questo comportamento sembra essere peculiare solo di questa specie, non essendo stato documentato in nessuna altra specie affine. Molto più comune è la presenza di organi stridulatori, documentati sia nei cerambicidi come *Hylotrupes bajulus* sia nei ptinidi come *Anobium* spp. (WESSEL, 2006). Tuttavia, il ruolo biologico di questi organi non è chiaro. In alcune specie, come *H. bajulus*, è stato verificato che le vibrazioni prodotte durante la stridulazione e trasmesse da un individuo all'altro come vibrazioni del substrato sono utilizzate nella comunicazione intraspecifica, sia durante il comportamento riproduttivo, prima dell'accoppiamento, sia in contesti di rivalità (BREIDBACH, 1986). In altre specie, è comunemente riportato un ruolo antipredatorio, ma per la maggior parte non è ancora stato definito il ruolo né descritta la vibrazione prodotta (WESSEL, 2006).

Molto pochi sono anche gli studi relativi all'uso delle vibrazioni nelle tarme. Questo gruppo è noto per l'uso di

feromoni nella comunicazione intraspecifica, che come nei lepidotteri in generale è la modalità di comunicazione preponderante. Tuttavia, uno studio ha evidenziato come le vibrazioni potrebbero avere un ruolo nella comunicazione intraspecifica. I maschi di *Tineola bisselliella* (Lepidoptera: Tineidae), una delle specie più comuni al mondo per area di distribuzione e livelli di infestazione, durante il corteggiamento muovono rapidamente le ali producendo un suono a basse frequenze che risulta attrattivo per i maschi conspecifici (TAKACS *et al.*, 2003). Il suono emesso è molto flebile, e gli autori dello studio hanno evidenziato come la componente vibrazionale potrebbe essere predominante rispetto a quella aerea nel mediare la comunicazione. Da uno studio preliminare, in cui abbiamo registrato con un laser Doppler vibrometro (VibroGO, Polytec) le vibrazioni prodotte dai maschi di *T. bisselliella* e propagate su una piastra Petri, abbiamo rilevato delle vibrazioni caratterizzate da un range di frequenze più ampio e un pattern temporale simile ai suoni registrati da TAKACS e colleghi (2003) (Fig. 1A). Inoltre, vibrazioni di durata paragonabile e una frequenza dominante leggermente più bassa sono emesse anche se le ali vengono rimosse tagliandole a livello dell'area basale, evidenziando come la vibrazione è probabilmente prodotta dai muscoli alari nel torace e trasmessa al substrato dalle zampe del maschio (Fig. 1A e 1B). Tuttavia, dovranno essere effettuati studi specifici con playback vibrazionali per testare definitivamente se l'attrazione tra maschi è mediata solo da questa componente. Mentre resta da capire se e quale sia il ruolo della vibrazione emessa dai maschi sulle femmine.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Lo studio delle vibrazioni e del loro ruolo nell'ecologia comportamentale degli insetti che attaccano i beni culturali è ancora agli albori. Comprendere se esiste una correlazione tra il pattern delle vibrazioni e lo stadio di sviluppo, nonché migliorare algoritmi di riconoscimento sempre più efficaci e leggeri in termini di sforzo computazionale, consentirà di rilevare le infestazioni in tempi sempre più rapidi. Questo faciliterà interventi mirati e tempestivi, riducendo il danno e preservando il patrimonio culturale.

Un ulteriore e significativo vantaggio potrebbe derivare dallo studio approfondito della biotremologia degli stadi adulti dei coleotteri e dei lepidotteri, dove il ruolo delle vibrazioni è stato finora sottovalutato rispetto alla preponderante comunicazione chimica. Ad esempio, nel caso della cimice asiatica *Halyomorpha halys*, l'utilizzo combinato di due stimoli — un feromone di aggregazione chimico e un ferodone sessuale vibrazionale — ha migliorato l'efficacia delle trappole in campo (ZAPPONI *et al.*, 2023; MAZZONI *et al.*, 2024).

Attualmente, le trappole a feromoni nell'ambito dei luoghi di conservazione dei beni culturali sono utilizzate per il monitoraggio delle tarme e solo raramente per coleotteri ptinidi e cerambicidi, per i quali risultano relativamente efficienti (CHILD & PINNIGER, 1994). Approfondire

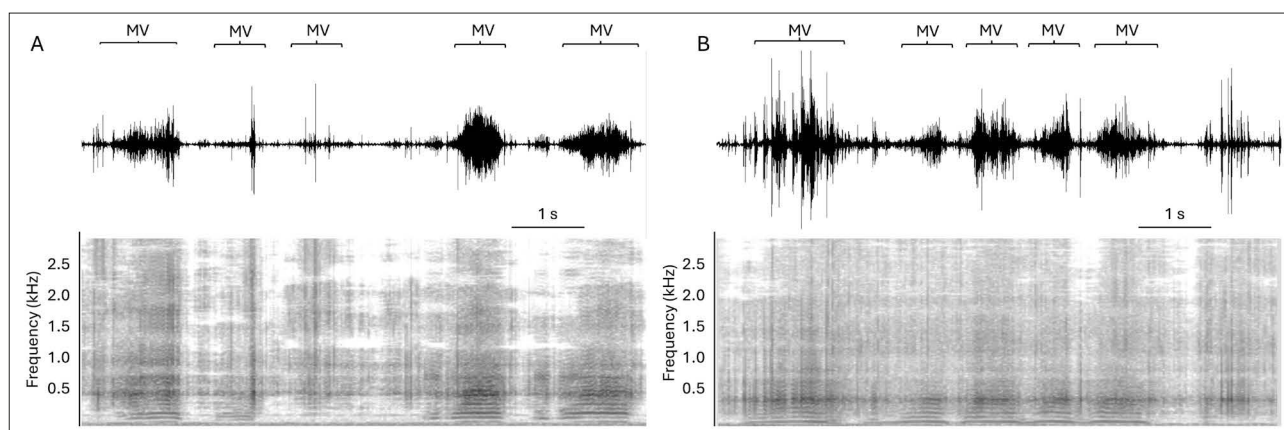


Fig. 1 – Oscillogramma e spettrogramma delle vibrazioni prodotte da un maschio di *Tineola bisselliella* (MV) e registrate tramite un laser Doppler vibrometro sulla superficie di una piastra Petri. In A, le vibrazioni prodotte da maschi con ali intatte; in B, le vibrazioni prodotte da maschi le cui ali erano state tagliate a livello basale per ridurre la componente acustica.

gli studi sui segnali vibrazionali potrebbe ampliare le conoscenze sull'ecologia comportamentale di questi insetti, portando a un miglioramento delle trappole e a un'implementazione dei sistemi di monitoraggio. In questo modo, non solo si garantirebbe una maggiore protezione dei beni culturali, ma si favorirebbe anche l'adozione di metodi di gestione delle infestazioni più sostenibili e meno invasivi.

BIBLIOGRAFIA

- BIRCH M.C., KEENLYSIDE J.J., 1991 - *Tapping behavior is a rhythmic communication in the death-watch beetle, Xestobium rufovillosum (Coleoptera: Anobiidae)*. - J. Insect Behav., 4: 257–263.
- BREIDBACH O., 1986 - *Studies on the stridulation of Hylotrupes bajulus (L.) (Cerambycidae, Coleoptera): communication through support vibration—morphology and mechanics of the signal*. - Behav. Process., 12(2): 169–186.
- CHIAPPINI E., ALDINI R.N., 2011 - *Morphological and physiological adaptations of wood-boring beetle larvae in timber*. - J. Entomol. Acarol. Res., 43:47.
- CHILD R.E., PINNIGER D.B., 1994 - *Insect trapping in museums and historic houses*. - Studies in Conservation, 39: 129–131.
- COLOMBINI M.P., MODUGNO F., 2009 - *Organic materials in art and archaeology* – In: Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology, Colombini M.P. & Modugno F. Ed., John Wiley & Sons, Ltd., pp. 3–36.
- CREEMERS J., 2015 - *Use of acoustic emission (AE) to detect activity of common European dry-woodboring insects: Practical considerations*. - In: International Symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), pp. 15–17.
- GREEN H., 2006 - *Wood: craft, culture, history*. - Viking Penguin, USA.
- HADDI K., NAUEN R., BENELLI G., GUEDES R.N.C. 2023 - *Global perspectives on insecticide resistance in agriculture and public health*. - Entomol. Gen., 43(3).
- JIANG W., CHEN Z., ZHANG H., 2024 - *A Time-Frequency Domain Mixed Attention-Based Approach for Classifying Wood-Boring Insect Feeding Vibration Signals Using a Deep Learning Model*. - Insects, 15(4): 282.
- KONSA K., KORMPAKI T., TURU J., 2022 - *Biological damage to textiles and prevention methods*. Handbook of museum textiles, 2: 23–43.
- LI J., ZHAO X., LI X., JU M., YANG F., 2024 - *A Method for Classifying Wood-Boring Insects for Pest Control Based on Deep Learning Using Boring Vibration Signals with Environment Noise*. - Forests, 15(11), 1875.
- MARTÍNEZ R.D., IZQUIERDO A., VILLACORTA J. J., DEL VAL L., BASTERRA L.A., 2023 - *Acoustic detection and localisation system for Hylotrupes bajulus L. larvae using a MEMS microphone array*. - Appl. Acoust., 213, 109618.
- MAZZONI V., ANFORA G., 2021 - *Behavioral manipulation for pest control*. - Insects, 12(4): 287.
- MAZZONI V., ANFORA G., COCROFT R.B., FATOUROS N.E., GROOT A.T., GROSS J., HILL P.S.M., HOCH H., IORIATTI C., NIERI R., PEKAS A., ROSSI STACCONI M.V., STELINSKI L.L., TAKANASHI T., VIRANT DOBERLET M., WESSEL, A. 2024 - *Bridging biotremology and chemical ecology: a new terminology*. - Trends Plant Sci., 29(8): 848–855.
- POURNOU A., 2020 - *Wood Deterioration by Insects*. - In: Biodeterioration of Wooden Cultural Heritage, Springer, pp. 425–526.
- QUERNER P., 2015 - *Insect Pests and Integrated Pest Management in Museums, Libraries and Historic Buildings*. - Insects, 6: 595–607.
- QUERNER P., STERFLINGER K., DERKSEN K., LEISSNER J., LANDSBERGER B., HAMMER A., BRIMBLECOMBE B., 2022 - *Climate Change and Its Effects on Indoor Pests (Insect and Fungi) in Museums*. - Climate, 10: 103.
- SWEDISH NATIONAL HERITAGE BOARD, 2019 - *Integrated Pest Management (IPM) for Cultural Heritage*. - Proc from 4th Int Conf Stock, Nilsen L. & Rossipal M. Ed., Stockholm, Sweden.
- TAKÁCS S., MISTAL C., GRIES G., 2003 - *Communication*

- ecology of webbing clothes moth: attractiveness and characterization of male-produced sonic aggregation signals.* – J. Appl. Entomol., 127: 127–133.
- TREMATERRA P., PINNIGER D., 2018 - *Museum pests-cultural heritage pests.* – In: Recent Advances in Stored Product Protection, Athanassiou C.G. & Arthur F.H. Ed., Springer-Verlag GmbH, pp. 229–260.
- UNGER A., SCHNIEWIND A.P., UNGER W., 2001 - *Biological Deterioration of Wood,* - In: Conservation of wood artifacts, Herrmann B. & Wagner G.A. Ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, pp. 51–141.
- WESSEL A., 2006 - *Stridulation in the Coleoptera—an overview.* - In: Insect Sounds and Communication. Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution, Drosopoulos S. & Claridge M.F. Ed., Taylor & Francis, pp. 397–405.
- WHITE P.R., BIRCH M.C., CHURCH S., JAY C., ROWE E., KEENLYSIDE J.J., 1993 - *Intraspecific variability in the tapping behavior of the deathwatch beetle, Xestobium rufovillosum (Coleoptera: Anobiidae).* – J. Insect Behav., 6: 549–562.
- ZAPPONI L., NIERI R., ZAFFARONI-CAORSI V., PUGNO N. M., MAZZONI V., 2023 - *Vibrational calling signals improve the efficacy of pheromone traps to capture the brown marmorated stink bug.* – J. Pest Sci., 96(2): 587–597.

SEDUTA PUBBLICA, NAPOLI, 14 GIUGNO 2024

Tavola Rotonda su:

BIOLOGICAL CONTROL OF THREATS TO THE BIOSECURITY OF AGRICULTURAL AND FORESTRY SYSTEMS:
ITALIAN PROJECTS AND INNOVATIVE STRATEGIES

Coordinatore:

ACCADEMICO PIO FEDERICO ROVERSI

PRE-EMPTIVE BIOCONTROL AS A NEW TOOL TO MAXIMIZE PREPAREDNESS FOR HIGH-RISK PESTS

GONZALO A. AVILA^a

^a The New Zealand Institute for Plant & Food Research, Limited, Private Bag 92169, Auckland 1142, New Zealand

Corresponding Author: Gonzalo.Avila@plantandfood.co.nz

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies”. Seduta pubblica dell’Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

Pre-emptive biocontrol as a new tool to maximize preparedness for high-risk pests

Biological control is frequently adopted for sustainable management of invasive species. However, the growing severity and imminent threat of high-risk insect pests means that it would be advantageous to implement a biological control approach (i.e., classical, augmentative and conservation) before a pest arrives, rather than waiting for its introduction. Pre-emptive biocontrol is a novel approach that provides the opportunity to develop biological control for invasive pests before they arrive in the country at risk of introduction. Implementing pre-emptive biocontrol means that natural enemies can be selected, screened and potentially pre-approved prior to a pest establishing in the country at risk, thus improving biological control effectiveness.

KEY WORDS: Invasive species, Biosecurity Threats, Proactive, Readiness, Biological Control, Natural Enemies

Non-native invasive insect species represent a major threat to global biodiversity and food security, leading to significant economic, environmental, social, and cultural costs (SUNNY & SANCHIRICO, 2018). In recent years, the number of invasive insect species has increased dramatically worldwide, with around 480,000 non-native species introduced into various ecosystems, primarily due to the globalization of trade, tourism, and climate change (CABI, 2019; PAINI *et al.*, 2016). Many of these invasive species are highly polyphagous (e.g., brown marmorated stink bug, spotted lanternfly) and pose immediate risks to agriculture and native ecosystems on a global scale. For instance, in New Zealand, species like *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), known as the brown marmorated stink bug (BMSB), are expected to cause multi-billion-dollar losses to agricultural and horticultural industries, including those involving kiwifruit and pip-fruit (CHARLES *et al.*, 2019).

Typically, when a pest enters a new environment, initial management efforts focus on eradication. However, if eradication fails, strategies shift toward long-term management aimed at population suppression and slowing the spread of the pest (FLEMING *et al.*, 2017; ROBERTSON *et al.*, 2020). Classical biological control (CBC), which involves introducing a non-native biological control agent to permanently manage the pest, is often employed as a cost-effective component of integrated pest management programs for the sustainable control of invasive arthropod pests (DE CLERCQ *et al.*, 2011; HAJEK, 2004; VAN DRIESCHE *et al.*, 2008). However, CBC programs are reactive in nature as they are typically implemented years after a pest has become established and is well spread out in a new environment, and as a result, during this time the pest’s impact continues to increase (AVILA *et al.*, 2023). A pre-emptive biological control approach offers

the opportunity to develop biological control strategies for invasive pests before they arrive in a new country, with CBC risk assessments conducted in advance being a key component (AVILA *et al.*, 2023; HODDLE, 2023). For example, by implementing pre-emptive CBC risk assessment, natural enemies can be selected and screened, either in containment or overseas, and potentially pre-approved by regulators before the pest’s establishment, thus enhancing the efficiency of CBC (AVILA *et al.*, 2023; HODDLE, 2023). Furthermore, other forms of biological control, such as augmentative and conservation biological control, can be explored in a pre-emptive biological control approach. For example, investigating the poten-

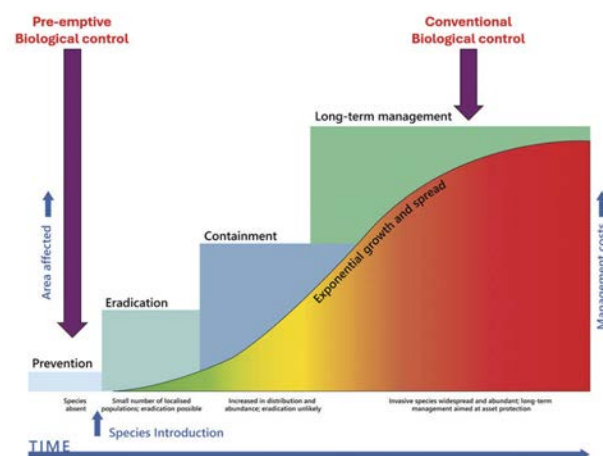


Fig. 1 - An invasion curve showing how control options change as the size of an invading pest population increases over time and across larger areas of a country, and highlighting when a pre-emptive biological control is started compared to conventional biological control. Image sourced and adapted from “Invasive Species Council, Australia”.

tial for resident natural enemies to provide with biotic resistance against a target high-risk pest prior to its arrival, would allow the start of pre-emptive augmentative and/or conservation biological control if suitable resident natural enemies are detected (G. AVILA, unpublished). Thus, a pre-emptive biological control approach would significantly contribute to reducing pest populations and their spread during the early stages of an invasion (Fig. 1), ultimately maximising biological control preparedness against the potential invader and minimizing the economic and environmental damage caused by the pest (AVILA *et al.*, 2023).

In New Zealand, the brown marmorated stink bug (BMSB) is classified as an unwanted organism that poses a major threat to food production sustainability and conservation due to its biology and wide host range (DUTHIE, 2012; LEE *et al.*, 2013). BMSB is regularly intercepted at New Zealand's border, mostly in association with cargo (e.g., shipping containers, imported cars), and while it has not yet been detected post-border the risk of its introduction and establishment in New Zealand is considered high (CHARLES *et al.*, 2019). As a result, the potential severity of a BMSB incursion has led to the development of a pre-emptive biological control approach against this high-risk pest in anticipation of its arrival (AVILA *et al.*, 2023; CHARLES *et al.*, 2019). Consequently, a pre-emptive CBC program utilizing the egg parasitoid *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae), the most promising natural enemy for BMSB, was started in December 2015. This program aimed to assess the biosafety of *T. japonicus* for non-target species in New Zealand, in anticipation of its potential release if BMSB were to be detected (CHARLES *et al.*, 2019). In March 2018, following the completion of a thorough risk assessment, a petition was submitted to the Environmental Protection Authority (EPA) for pre-approval to import and release *T. japonicus* into New Zealand if BMSB were found. In August 2018, the EPA made its final decision, granting conditional approval for the release of *T. japonicus* in the event of a BMSB incursion (EPA, 2018). This represents the first worldwide example of an approval for a future release of *T. japonicus* in response to a BMSB incursion, and the first time of a biological control agent being pre-approved for import and release into New Zealand before the arrival of its target pest (AVILA *et al.*, 2023; CHARLES *et al.*, 2019). Pre-emptive classical biological control research in New Zealand against BMSB still continues in New Zealand after the release approval of *T. japonicus* granted by EPA in 2018, and several pre-emptive biological control projects have been conducted and are still ongoing (incl. research on pre-emptive augmentative and conservation biological control). Such additional research has provided crucial data to increase New Zealand's biological control preparedness against BMSB.

The pre-emptive biological control approach adopted in New Zealand against BMSB set the scene for a new novel way to implement biological control. Several projects have been conducted and are currently underway worldwide, which has led to the publication of a Special

Issue in Biological Control where the concept, applications and current status of pre-emptive biological control is addressed. For example, detailed guidelines have been made available to conduct feasibility studies for pre-emptive biocontrol against high-risk pests (AVILA *et al.*, 2023), which resulted from a 2-year Euphresco project with over 10 participating countries. Also, research examples on pre-emptive biological control of weeds have been made available for the first time, demonstrating the benefits and potential of this novel approach to biological control of invasive weeds (DAY & CALLANDER, 2024).

In summary, the successful implementation of a pre-emptive biological control strategy will allow for a rapid biocontrol response against invasive species, increasing the likelihood of eradication or the establishment of an area-wide management program in the early stages of the invasion. This innovative approach to biological control has inspired other biocontrol practitioners to adopt proactive strategies for managing incursions of invasive species, ultimately improving biological control preparedness against high-risk biosecurity threats.

REFERENCES

- AVILA G.A., SEEHAUSEN M.L., LESIEUR V., CHAGAN A., CARON V., DOWN R.E., AUDSLEY N., COLLATZ J., BUKOVINSZKI T., SABBATINI PEVERIERI G., TANNER R., MAGGINI R., MILONAS P., MCGEE C.F., HORROCKS K., HERZ A., LEMANSKI K., ANFORA G., BATISTIĆ L., BARRATT B.I.P., 2023 - *Guidelines and framework to assess the feasibility of starting pre-emptive risk assessment of classical biological control agents*. - Biological Control, 187: 105387.
- CABI, 2019 - *Invasive Species: The hidden threat to sustainable development*. <https://www.invasive-species.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/Invasive-Species-The-hidden-threat-to-sustainable-development.pdf> [accessed January 2024].
- CHARLES J.G., AVILA G.A., HOELMER K.A., HUNT S., GARDNER-GEE R., MACDONALD F., DAVIS V., 2019 - *Experimental assessment of the biosafety of Trissolcus japonicus in New Zealand, prior to the anticipated arrival of the invasive pest Halyomorpha halys*. - Bio-Control, 64: 367–379.
- DAY M.D., CALLANDER J.T., 2024 - *The benefits and potential of pre-emptive weed biological control: Three case studies in Queensland, Australia*. - Biological Control, 198: 105635.
- DE CLERCQ P., MASON P., BABENDREIER D., 2011 - *Benefits and risks of exotic biological control agents*. - Bio-Control, 56: 681–698.
- DUTHIE C., 2012 - *Risk analysis of Halyomorpha halys (brown marmorated stinkbug) on all pathways. Ministry for primary industries*. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/3943/direct> [accessed January 2024].
- EPA, 2018 - *Application and approval to release Trissolcus japonicus into New Zealand*. <https://www.epa.govt.nz/database-search/hsno-application-register/>

- view/APP203336 [accessed January 2024].
- FLEMING P.J.S., BALLARD G., REID N.C.H., TRACEY, J.P., 2017 - *Invasive species and their impacts on agri-ecosystems: issues and solutions for restoring ecosystem processes*. - The Rangeland Journal, 39: 523-535.
- HODDLE M.S., 2024 - *A new paradigm: proactive biological control of invasive insect pests*. – BioControl, 69: 321-334.
- HAJEK A.E., 2004 - *Natural enemies: an introduction to biological control*. Cambridge University Press.
- LEE D-H., SHORT B.D., LESKEY T.C., JOSEPH S.V., BERGH J.C., 2013 - *Review of the biology, ecology, and management of Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea*. - Environmental Entomology, 42: 627–641.
- PAINI D.R., SHEPPARD A.W., COOK D.C., DE BARRO P.J., WORNER S.P., THOMAS M.B., 2016 - *Global threat to agriculture from invasive species*. - Proceedings of the National Academy of Sciences, 113: 7575-7579
- ROBERTSON P.A., MILL A., NOVOA A., JESCHKE J.M., ESSL F., GALLARDO B., GEIST J., JARIC I., LAMBIN X., MUSSEAU C., PERGLE J., PYSEK P., RABITSCH W., VON SCHMALENSEE M., SHIRLEY M., STRAYER D.L., STEFANSSON R.A., SMITH K., BOOY O., 2020 - *A proposed unified framework to describe the management of biological invasions*. - Biological Invasions, 22: 2633-2645.
- VAN DRIESCHE R., HODDLE M., CENTER T.D., 2008 - *Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control*. Blackwell Publishing Ltd., Malden.
- SUNNY L., SANCHIRICO J., 2018 - *Estimating the cost of invasive species control*. - Journal of Environmental Economics and Management, 87: 242–257.

THE OUTPUTS OF THE CLASSICAL BIOLOGICAL CONTROL STRATEGY TO *HALYOMORPHA HALYS* IN ITALY¹

GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI - PIO FEDERICO ROVERSI

CREA Research center for plant protection and certification – Florence

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies”. Seduta pubblica dell’Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

The outputs of the classical biological control strategy to Halyomorpha halys in Italy

Halyomorpha halys is a severe invasive pest of Asian origin, causing severe damages to North America and European agriculture. Chemical control and physical barriers are on the whole unsatisfactory, thus classical biological control is viewed as the most promising control method for the long-term management of the pest. Italy started a large biological control plan in 2020 in the most damaged regions (northern part of the country) using *Trissolcus japonicus* as biocontrol agent. Results obtained by the large research consortium appeared to be promising, since after 4 years that release program started, parasitization level of the target species has been growing year-by-year. Non-target species were attacked by *T. japonicus* in a very minor rate and mainly on two species *Palomena prasina* and *Pentatoma rufipes*.

KEY WORDS: egg parasitoids, *Trissolcus japonicus*, pest management

Halyomorpha halys (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae), the brown marmorated stink bug, is an invasive phytophagous species in many different countries in the world and causing extensive damages to the European and the North American agriculture. Starting from its original area of distribution in Eastern Asia, this stink bug reached at first the USA in the 90’s and Europe (Italy and Switzerland) in the first decade of the new millennium; nowadays, the pest is widely present in Europe, in the Caucasus region, in the Western part of Middle Asia, in North America and in Chile. In Europe, *H. halys* is currently widespread in most countries and appeared harmful for the first time in pear orchards in 2012. To date *H. halys* is widespread from North to South of Italy, including main islands. Severe damages occurred early and strait away and spread in all the main agricultural landscapes of the northern plain, in the pre-alpine area and in lower parts of some alpine main valleys. The damages incurred amounts several hundreds millions of euros yearly, mainly in fruit production like apples, pears, peaches and nectarines, kiwi, soyabean and hazelnut plantations. *Halyomorpha halys* punctures on fruits, vegetables and seeds cause rot, mold, dry and corky fruits, depressed or deformed fruits and blank nuts. All this leads to severe production losses, unmarketable products and consequently severe economic damages. In an attempt to limit damages, farmers were forced to use wide spectrum insecticides, causing IPM disruption. Unfortunately, chemicals resulted to be poorly effective, considering the recovery ability of specimens from knock down, the low residual activity of active ingredients and the high mobility of bugs and the wide host range made the scenario worse. Therefore, pest control using chemicals is difficult, and leads in most cases to unsatisfactory results. With the

aim to solve the issue, farmers adopted different chemical control strategies and physical screens (insect nets), which limited temporarily the damages, but there are apparently no solutions for the long-term pest management.

According to the opinion of most researchers long-term pest control of *H. halys* should be entrusted to natural enemies. Despite several different species of native egg parasitoids both in USA and Europe displayed the potential to employ *H. halys* eggs for their development (Scelionidae: *Telenomus* spp., *Trissolcus* spp. and *Gryon* spp.; Eupelmidae: *Anastatus* spp.; Encyrtidae: *Ooencyrtus* spp.), percentages of successful parasitized eggs are extremely low. Locally, cases of higher parasitization levels were observed by native parasitoids, but just occasionally. Therefore, more attention was given to the classical biological control approach, starting in the first decades of this century with a large study effort aimed to define a valid candidate in the original area of distribution of the pest. Classical biological control is an extremely fascinating strategy in pest control, strategy adopted across centuries from the old Chinese and Egyptians to recent successful cases of the last century with classical biological control programs of Antonio Berlese with *Encarsia* (*Prospaltella*) *berlesei* (Hymenoptera, Aphelinidae) to control *Diapsis pentagona* (How.) (Homoptera, Diaspididae) (silk pest) in Italy at the beginning of 1900, or *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae) to control the cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskall (Homoptera, Coccoidea) in California in 1888.

Several studies by colleagues of the USDA and CABI detected egg parasitoids as active natural enemies in the original area in Asia of *H. halys*; *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerged as the

1 - This work is the result of a joined action of dozens of research institutions and plant protection organizations united in a joint consortium and it involved several dozens of colleagues. All the institutions and main cooperators are acknowledged in the text.

most promising option. Biological traits of *T. japonicus* were therefore largely investigated in many research facilities in the world, highlighting many positive features for the use in biological control programs, like high fecundity (more than one hundred of eggs per female) and longevity (up to two months in the lab), high exploitation ability of egg masses (100% of parasitized eggs in an egg-mass), strong female biased sex ratio (over 90% females in the offsprings) and rapid juvenile developing time in the lab (e.g., 10-12 days at +26 °C).

On the other hand, the most crucial aspect in classic biological approach was also investigated, *i.e.* risk assessment with a particular focus on non-target effects. Host range and risk assessment of *T. japonicus* was investigated in Asia, in USA, in Europe (Switzerland and Italy) and in New Zealand, evidencing an oligophagous behavior, parasitizing a few species in the Pentatomidae family. At the same time, a relevant target preference was detected in olfactometer studies and corroborated by field surveys. In fact, strong cues are detected by *T. japonicus* of *H. halys* males and females presence on the canopy of host plants during foraging.

In 2020, Italy started a national control plan of *H. halys* based on the classic biological control strategy, using *T. japonicus* as natural enemy following the approval of the petition for its release in the field. The first release areas in Italy were those where the pest damages were the heaviest, *i.e.* the regions in the North of the Country where more than 650 release sites were established. Additionally, in the successive years, other regions joined the national control plan, adding around hundred sites in central and southern Italy. Italy started with an extreme wide release plan involving a consortium of the Ministry of Agriculture and dozens of research institutions and phytosanitary services², involving hundreds of cooperators, researchers, technicians, professors, managers, officers and employees. The aim of such cooperative action was to try to support, so fast as possible, the rapid dispersal of *T. japonicus* on the territory using a large number of release sites, *i.e.* trying to accelerate the potential impact process on *H. halys* populations. Per sites, 100 females (+ 10 males) in a single release device were released two times per season per year from 2020 to 2023. *Trissolcus japonicus* were reared on fresh and stored eggs of *H. halys* using a common rearing protocol under laboratory conditions. In this way, several thousand exemplars were produced in different rearing hubs (Universities and other Research Centers). *Halyomorpha halys* eggs used as hosts were obtained by stink bug lab reared colonies, originated by field collection from overwintering specimens or seasonal catches in traps or by frapping and hand picking. The seasonal collection of

H. halys specimens for lab colonies was provided by personnel of the consortium itself or by citizens targeted by public awareness.

The release of *T. japonicus* in the field was coupled with an intensive yearly monitoring program aimed to define the impact on pest population (number of parasitized eggs and egg masses) and impact on non-target pentatomid species. From approx. 20.000 to 60.000 of the pest eggs and hundreds of egg masses of non-target species (depending on year of collection) were analyzed. Collected egg masses were transferred to the lab and reared until egg hatching or emergence of egg parasitoids. Each collected egg parasitoid, both exotic species and native species, were identified taxonomically. The entire national control plan involved a huge amount of work by hundreds of cooperators, starting by stink bug collection, lab rearing to obtain host egg masses, rearing colonies of the egg parasitoid for the release, field release, field monitoring, collection and rearing of sampled egg masses, labelling and identifying parasitoids³, storage and reporting data.

The results obtained from the multiple field release of *T. japonicus* in Northern Italy, after 4 years highlighted a growing rate of sites with detection of its presence and a growing trend of parasitized *H. halys* egg masses and parasitized eggs (Fig. 1). In 2023, *T. japonicus* was detected in over 40% of the release sites, parasitizing more than 30% of egg masses and more than 20% of the eggs in the field. Within the parasitoid complex of *H. halys* in Northern Italy, *T. japonicus* represented the 37.68% of the total amount of egg parasitoids in 2021, value that increased in 2022 and in 2023, respectively 65.56% and 69.02%. Other egg parasitoid species were *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera, Scelionidae) (Ashmead), *Anastatus bifasciatus* (Hymenoptera, Eupelmidae) (Geoffroy), and a few occasional other species. *Trissolcus mitsukurii* and *A. bifasciatus* were recorded within the parasitoid complex with a minimum of 8.09% up to 31.64% and from 17.28% up to 25.26%, respectively. The growing trend of parasitization successes by *T. japonicus* appears promising for the coming years, raising expectations to obtain a higher impact on pest population in the near future.

At the same time, so far results of non-target impact showed a low level of interaction with native pentatomids, estimating a mean yearly impact of 0.74% of parasitized eggs and of 3.45% of non-target egg masses. Main non-target pentatomids attacked by *T. japonicus* were *Palomena prasina* and *Pentatoma rufipes* (L.). The encountering of non-target egg masses and their parasitization is considered occasional and opportunistic during the search of the target host egg masses.

The efforts by the national *H. halys* control plan in

2 - Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste – DISR05 Servizio fitosanitario centrale e produzioni vegetali; CREA; Regione Emilia-Romagna; Regione Friuli Venezia Giulia; Regione Lombardia; Regione Piemonte; Regione Veneto; Provincia autonoma di Bolzano; Provincia autonoma di Trento; Regione Liguria; Regione Umbria; Regione Marche; Regione Sardegna; Regione Campania; Regione Toscana; Regione Lazio; Agri2000; Centro di Sperimentazione Laimburg; Consorzio Fitosanitario Modena; FEM; CNR-IPSP; CNR-IRET; Università di Bologna; Università di Modena e Reggio Emilia; Università di Padova; Università di Torino; Università di Perugia; Università di Sassari.

3 - Personnel employed for taxonomic identification of *Trissolcus* egg parasitoids were international scientific experts (F. Tortorici, University of Turin, Italy) or personnel specifically trained by colleagues of the USDA-ARS-BIIRU (K.A. Hoelmer) of Newark, Delaware (USDA) and of the Florida Department of Agriculture and Consumer Services (E. Talamas), Gainesville, Florida (USA).

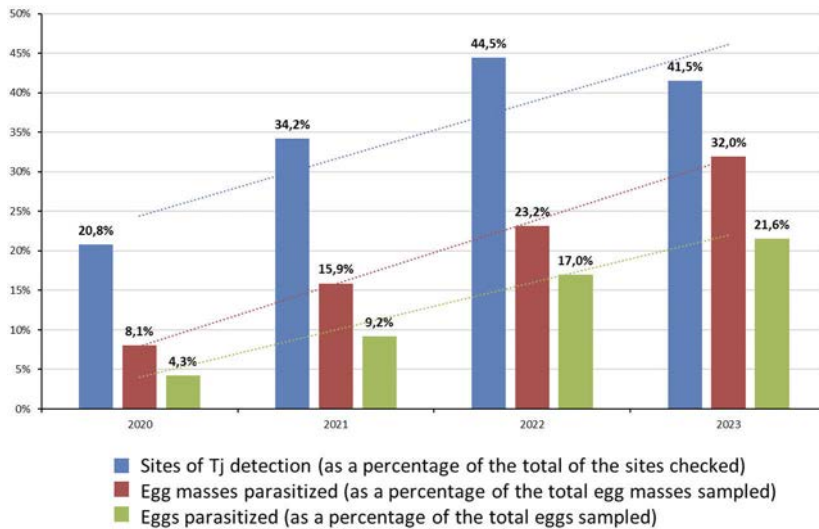


Fig. 1 - Trend of *Trissolcus japonicus* (Tj) parasitization impact on *Halyomorpha halys* egg masses.

Italy through classic biological approach with *T. japonicus* seem to be promising for the future within the frame of a long-term population mitigation aimed to reduce pest damages. The monitoring action will continue in the coming years, producing data available for global knowledge in the *H. halys* population control.

ACKNOWLEDGEMENTS:

This work was made possible thanks to the effort of hundreds of cooperators that we can't list here. However we would like to tanks the following colleagues in particular: Bruno Caio Faraglia and Sabrina Pintus (MAS-AF-SFC); Luciana Tavella, Silvia Teresa Moraglio and

Francesco Tortorici (UniTO); Simone Bardella and Lorenzo Berra (Agrion); Giovanni Bosio (SFR Piemonte); Silvia Schmidt, Martina Falagiarda, Bortolini Sara, Martina Melchiori, Antonio Pignalosa and Veronica Carnio (Centro di ricerca Laimburg); Stefano Endrizzi (SF Bolzano); Claudio Ioriatti, Gianfranco Anfora, Livia Zapponi, Serena Giorgia Chiesa, Valerio Mazzoni and Gino Angeli (FEM); Lorenza Tessari (SF Trento); Paolo Culatti, Matteo Zugno and Beniamino Cavagna (SFR Lombardia); Alberto Pozzebon, Alberto Mele and Davide Scaccini (UniPD); Giovanni Zanini, Lucio Della Bianca and Stefania Isabella Lanza (SFR, Veneto); Iris Berardinelli, Giorgio Mallossini, Luca Benvenuto, Rosario Raso and Paolo Tonello (ERSA-SFR Friuli Venezia Giulia); Chiara Zampa (Frutta Friuli SCA); Stefano Boncompagni, Massimo Bariselli and Martina Parrilli (SFR Emilia-Romagna); Lara Maistrello, Elena Costi and Emanuele Di Bella (UniMORE); Antonio Masetti, Laura Da Palo and Giovanni Burgio (UniBO); Elisa Marchetti (Agri 2000); Luca Casoli, Stefano Caruso and Giacomo Vaccari (Consorzio Fitosanitario di Modena e Reggio); Roberto Ferrari and Olmo Scagliarini (CAA Centro Agricoltura Ambiente); Lucrezia Giovannini, Tiziano Fabbriatore, Andrea Rocchini, Luca Madonni, Paolo Toccafondi (CREA). Additionally, thanks to all other cooperators that was not possible to add to this brief list.

LIMITI E PROSPETTIVE NELL'IMPLEMENTAZIONE DELLA LOTTA BIOLOGICA CLASSICA DI *D. SUZUKII* IN ITALIA A QUATTRO ANNI DAL PRIMO RILASCIO

*MARCO VALERIO ROSSI STACCONI^a - GIANFRANCO ANFORA^b - ALBERTO GRASSI^a
LORENZO FELLIN^{a, b} - SIMONE PUPPATO^a - CLAUDIO IORIATTI^a

^a Fondazione Edmund Mach, via E. Mach 1- 38098 San Michele all'Adige (TN)

^b Centro Agricoltura, Alimenti e Ambiente (C3A), Università di Trento, via E. Mach 1- 38098 San Michele all'Adige (TN)

*Autore corrispondente: marcovalerio.rossistacconi@fmach.it

Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies". Seduta pubblica dell'Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

Prospects and constraints in the implementation of Drosophila suzukii classical biological control in Italy four years after the first release

Over the past fifteen years, the spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*) has become a major threat to soft-skinned fruit crops worldwide. Despite various control strategies, integrated pest management still relies heavily on insecticides, leading to significant economic and environmental concerns. As an alternative, biological control has been explored, with the introduction of *Ganaspis kimorum* (formerly *G. brasiliensis* strain G1), a parasitoid specific to *D. suzukii* (STAHL *et al.*, 2024). Italy was the first country in Europe to adopt this approach, importing *G. kimorum* in 2020 for quarantine testing at the Edmund Mach Foundation (FEM) in Trentino. By 2021, the Italian Ministry of Ecological Transition authorized a national biological control plan, expanding its scope to multiple regions over the following years (LISI *et al.*, 2021). Despite significant challenges, the program represents a crucial step toward sustainable pest management. Key difficulties included genetic bottlenecks in *G. kimorum* populations, mass-rearing constraints, logistical hurdles in distribution and release, and regulatory delays. Genetic diversity loss due to inbreeding raised concerns about the parasitoid's adaptability. Additionally, *G. kimorum* requires fresh *D. suzukii*-infested fruit for reproduction, making mass-rearing costly and complex. Mite infestations further complicated rearing efforts. Logistics also played a critical role, as transportation conditions affected parasitoid survival. Selection of release sites prioritized low-chemical environments to maximize establishment success. Extensive pre- and post-release monitoring assessed establishment rates and non-target impacts (FELLIN *et al.*, 2023). After four years of releases, *G. kimorum* has established itself in some northern regions, particularly in Trentino and Valle d'Aosta, though results vary by region. Southern areas faced challenges due to high temperatures and droughts, which reduced host availability. Despite limited immediate impacts on *D. suzukii* populations, parasitoid presence and spatial expansion have increased over time, suggesting long-term potential for biological control. The Italian biological control program has made notable progress in optimizing rearing techniques and refining release strategies. Continuous improvements in monitoring, technological advancements, and stronger collaboration between research institutions, regulatory bodies, and agricultural stakeholders will be essential to enhancing the program's success. While challenges remain, the initiative represents a promising step toward reducing dependence on insecticides and promoting sustainable pest management.

KEY WORDS: Figitidae, *Ganaspis kimorum*, propagative biocontrol, establishment, Spotted-wing drosophila

INTRODUZIONE

Negli ultimi quindici anni, il moscerino asiatico dei piccoli frutti, *Drosophila suzukii* (Matsumura), è emerso come una delle principali minacce per le colture frutticole a buccia tenera a livello globale. Nonostante l'adozione di diverse strategie di contenimento, quali l'impiego di reti antinsetto, la raccolta anticipata e la gestione della potatura, il controllo integrato di *D. suzukii* si basa ancora prevalentemente sull'uso di insetticidi, con rilevanti implicazioni economiche e ambientali. Tuttavia, il controllo biologico potrebbe contribuire a una riduzione sostenibile dei costi di gestione a lungo termine, migliorando la sostenibilità complessiva delle produzioni. In questo contesto, diversi paesi in Europa e Nord America hanno

avviato programmi di lotta biologica classica, finalizzati all'introduzione dell'agente di controllo biologico (ACB) *Ganaspis kimorum* (Buffington) (Hymenoptera: Figitidae), ex *Ganaspis brasiliensis* (Ihering) ceppo G1, un endoparassitoide larvale specifico per *D. suzukii* (STAHL *et al.*, 2024). L'Italia è stata il primo Paese ad attivarsi in tal senso, importando il parassitoide nel 2020 presso le strutture di quarantena della Fondazione Edmund Mach (FEM), in provincia di Trento. L'insetto era stato originariamente campionato in Giappone dai ricercatori del Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI, Delémont, Svizzera) e successivamente richiesto da FEM per l'importazione in Italia. Il Piano Nazionale di Lotta Biologica per il Controllo del Moscerino dei Piccoli Frutti mediante *G. kimorum* nelle Province Autonome di

Trento e Bolzano e nelle Regioni Piemonte, Veneto, Valle d'Aosta, Emilia-Romagna, Campania, Puglia e Sicilia è stato autorizzato nel 2021 dal Ministero della Transizione Ecologica (MITE), a seguito della delibera del Consiglio SNPA n. 139/2021 del 4 agosto 2021 e dei pareri favorevoli del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e del Ministero della Salute (Lisi *et al.*, 2021). L'autorizzazione del piano è stata confermata dal MITE per gli anni successivi, con l'inclusione delle regioni Lombardia e Toscana nel 2023 (gruppo 2) e, nel 2024, delle regioni Lazio e Sardegna (gruppo 3). Il 2024 rappresenta il quarto anno di attività di rilascio di *G. kimorum* in Italia e un'occasione per valutare l'efficacia delle strategie adottate. Il controllo biologico classico di *D. suzukii* in Italia ha rappresentato una sfida significativa e al contempo una grande opportunità per migliorare la sostenibilità agricola. Il rilascio di *G. kimorum* è stato un passo fondamentale nella ricerca di strategie alternative agli insetticidi chimici, con l'obiettivo di ridurre i danni economici e ambientali causati dal moscerino asiatico dei piccoli frutti. Tuttavia, il percorso per un'attuazione efficace del programma ha incontrato diversi ostacoli tecnici, logistici e burocratici che sono stati affrontati per sostenerne il successo a lungo termine. Di seguito si analizzano le principali criticità emerse nelle diverse fasi di attuazione del programma, dalla procedura di importazione del parassitoide alla messa a punto di un sistema di allevamento massale, fino alle attività di monitoraggio post-rilascio volte a valutare l'impatto di *G. kimorum* sugli organismi target e non-target. In conclusione, vengono discusse le prospettive della lotta biologica contro *D. suzukii* in Italia a quattro anni dall'avvio del programma.

ATTUAZIONE DEL PIANO NAZIONALE DI CONTROLLO BIOLOGICO

Nonostante le difficoltà incontrate, il programma di biocontrollo classico di *D. suzukii* in Italia rappresenta un passo fondamentale verso una gestione più sostenibile di questo fitofago invasivo. Tuttavia, l'attuazione di questa strategia ha richiesto il superamento di numerose criticità, che hanno interessato diversi aspetti del progetto. Tra le principali problematiche di natura tecnica vi sono la riduzione della diversità genetica delle popolazioni di *G. kimorum* allevate in laboratorio, il rischio di bottleneck genetico, le difficoltà legate all'allevamento massale del parassitoide, le sfide logistiche connesse alla distribuzione e al rilascio in campo, la necessità di protocolli di monitoraggio affidabili e il coinvolgimento degli stakeholder. A queste si aggiunge un ulteriore ostacolo di carattere burocratico: ogni anno, l'iter di approvazione dei rilasci prevede una serie di passaggi obbligati che coinvolgono varie commissioni di esperti a livello ministeriale e degli uffici fitosanitari regionali. Questa procedura, spesso lunga e complessa, ha spesso determinato slittamenti delle autorizzazioni, con un impatto negativo sulle tempistiche stagionali ottimali per il rilascio del parassitoide in campo. Uno degli aspetti cruciali riguarda la qualità dell'ACB rilasciato. Le popolazioni di *G. kimorum* utilizzate per il biocontrollo derivano da campi-

onamenti effettuati nelle regioni d'origine del parassitoide tra il 2015 ed il 2016 e, dopo anni di allevamento in laboratorio, hanno subito una riduzione della diversità genetica. Questo fenomeno, noto come depressione da inbreeding, può influire negativamente sulla fitness del parassitoide, riducendone la capacità di adattamento alle condizioni ambientali delle aree di rilascio. Un ulteriore fattore critico è il rischio di bottleneck genetico. Poiché la popolazione iniziale campionata in Giappone era composta da un numero limitato di individui e i successivi cicli di allevamento in laboratorio hanno coinvolto un numero ristretto di riproduttori, si è verificata una forte riduzione della variabilità genetica. A questo primo evento si è aggiunto un secondo collo di bottiglia durante l'importazione in Italia, poiché l'introduzione del parassitoide è avvenuta attraverso un ulteriore sottocampionamento della popolazione mantenuta in allevamento dal CABI. Questo doppio bottleneck genetico potrebbe aver limitato il potenziale adattativo della popolazione o favorito l'accumulo di mutazioni svantaggiose per l'ACB. Tuttavia, nel corso della stagione 2024, CABI e FEM hanno condotto dei campionamenti in diversi siti del Giappone, recuperando varie popolazioni di *Ganaspis* spp. I campioni raccolti sono stati successivamente identificati geneticamente come *G. kimorum* e potranno essere utilizzati per rinsanguare le popolazioni in allevamento, contribuendo eventualmente a ripristinare la variabilità genetica e a rafforzare il potenziale adattativo degli individui rilasciati. Un altro problema significativo riguarda l'allevamento massale di *G. kimorum*, indispensabile per i rilasci su ampia scala ma estremamente oneroso in termini di costi e infrastrutture. L'efficienza produttiva è stata spesso compromessa dalla necessità di utilizzare frutta fresca infestata da larve di *D. suzukii*, poiché *G. kimorum* non si riproduce su dieta artificiale, a differenza di altri parassitoidi. L'impossibilità di ricorrere a un substrato standard, economico e facilmente gestibile, ha reso l'allevamento più complesso e dispendioso, sia in termini di tempo che di risorse (ROSSI STACCONI *et al.*, 2022). Inoltre, la qualità della frutta impiegata è risultata variabile essendo reperita attraverso vari canali commerciali, influenzando l'efficacia della parassitizzazione: differenze nella maturazione e nella composizione del frutto hanno condizionato il successo riproduttivo di *G. kimorum*, mentre la presenza di residui chimici ha talvolta avuto effetti tossici, compromettendone la sopravvivenza. A complicare ulteriormente la situazione sono state infestazioni di acari, che hanno abbassato la resa complessiva dell'allevamento o, in alcuni casi, distrutto intere colonie. Tali infestazioni sono favorite dalla elevata umidità e disponibilità di substrato alimentare che caratterizza gli allevamenti intensivi di molte specie utilizzate nel per controllo biologico, incluso *G. kimorum*. In tali condizioni, varie specie di acaroidi detritivori proliferano dando origine ad un numero elevato di ipopi (i.e., deutoninfe) che rappresentano una forma di resistenza utilizzata principalmente per la dispersione. Gli ipopi manifestano un comportamento foretico a carico degli adulti di *G. kimorum*, i quali, gravati da decine di acari, risultano im-

possibilità ad espletare le normali funzioni riproduttive. Per migliorare la sostenibilità economica del programma, sono stati sviluppati protocolli di allevamento progressivamente più efficienti e strategie per minimizzare le perdite dovute a fattori biotici e abiotici, quali efficientamento dell'allevamento a bassa umidità contro la proliferazione di acari e sviluppo di substrati misti con frutta e dieta artificiale. Anche la logistica e la distribuzione dell'agente di biocontrollo hanno richiesto un'attenta pianificazione. La sopravvivenza degli individui durante il trasporto ai siti di rilascio è un fattore critico, influenzato dalle condizioni ambientali durante il viaggio e dalle tempistiche di consegna. La programmazione del calendario dei rilasci deve tenere conto della disponibilità del parassitoide negli allevamenti e della presenza del fitofago in campo, per massimizzare le probabilità di successo nell'insediamento delle popolazioni rilasciate. Inoltre, la selezione dei siti di rilascio ha seguito criteri specifici, privilegiando ambienti con ridotto impatto chimico e alta diversità vegetale, al fine di favorire la sopravvivenza e la dispersione del parassitoide nel territorio. Per ottimizzare ulteriormente le operazioni, sono state condotte prove di laboratorio per stabilire i parametri ambientali ottimali, principalmente temperatura e umidità relativa, e gli stadi di sviluppo, come pupe o adulti, più adatti per lo stoccaggio degli individui di *G. kimorum* da rilasciare. Questi studi sono stati fondamentali per massimizzare i tempi di conservazione degli individui neosfarfallati, evitando al contempo un calo di fecondità che avrebbe potuto comprometterne le possibilità di insediamento. Un aspetto centrale del programma ha riguardato la pianificazione delle attività di monitoraggio pre- e post-rilascio. Per ottenere dati affidabili sull'efficacia del biocontrollo, è stato necessario adottare metodi di campionamento standardizzati, applicabili a diversi contesti territoriali. Va sottolineato che il programma ha coinvolto regioni con territori e climi molto diversi tra loro, il che ha richiesto uno sviluppo di protocolli di monitoraggio che potessero adattarsi a tutte le specificità locali. Le valutazioni condotte si sono concentrate sia sulla capacità di *G. kimorum* di insediarsi stabilmente nei vari ecosistemi (*Establishment Assessment*), sia sul suo impatto sulle popolazioni di *D. suzukii* e sugli eventuali effetti collaterali sugli organismi non-bersaglio (*Impact Assessment*) (FELLIN *et al.*, 2023). L'obiettivo era quello di ottenere un quadro rappresentativo della dinamica delle popolazioni del parassitoide e del suo ruolo all'interno delle comunità ecologiche locali. Oltre alle difficoltà tecniche e operative, il programma ha dovuto affrontare anche criticità di natura burocratica. L'iter di approvazione dei rilasci, previsto annualmente, implica una serie di passaggi tra diverse commissioni di esperti e autorità competenti a vari livelli. Questo processo, lungo e articolato, ha spesso determinato ritardi significativi nell'autorizzazione, facendo slittare la data dei rilasci rispetto alle tempistiche ottimali. Poiché la strategia di rilascio è basata sulla valutazione dell'abbondanza stagionale dell'ospite in campo, ogni ritardo può comprometterne l'impatto, riducendo le possibilità di insediamento del parassitoide e limitando i

benefici del programma. Infine, un elemento chiave per il successo del programma è stato il coinvolgimento degli stakeholder, tra cui agricoltori, istituzioni di ricerca e autorità regolatorie. In ciascuna regione, la collaborazione tra diverse realtà ha permesso di ottimizzare le risorse disponibili, sebbene alcune criticità siano emerse nel corso del processo. Tra le principali preoccupazioni sollevate dagli agricoltori vi sono il numero limitato di parassitoidi rilasciati, la scelta dei siti di rilascio e la necessità di ottenere risultati tangibili nel breve periodo. Inoltre, lo scetticismo sulla reale efficacia del controllo biologico ha reso fondamentale un'intensa attività di comunicazione e divulgazione scientifica, volta a sensibilizzare il settore agricolo sui benefici a lungo termine di questa strategia. Per superare tali resistenze, sono stati organizzati incontri informativi, workshop e dimostrazioni sul campo, illustrando non solo i risultati della ricerca, ma anche le esperienze di altri programmi di lotta biologica classica intrapresi nei confronti di altri fitofagi invasivi. Durante tali attività è stato importante sottolineare che spesso si tende a confondere le finalità del controllo biologico classico (propagativo) con quello del controllo biologico aumentativo. Lo scopo del programma non è curativo a breve termine, come nel caso del controllo aumentativo, ma mira a stabilire una popolazione auto-sostenibile del parassitoide, che possa contribuire al controllo naturale delle popolazioni di *D. suzukii* nel lungo periodo e su scala territoriale. Tuttavia, la diffusione di queste informazioni ha richiesto uno sforzo costante, poiché il cambiamento in ambito agronomico è spesso lento e condizionato da fattori economici e normativi.

RISULTATI DEL QUADRIENNIO 2021-2024

A seguito del primo quadriennio di rilasci, considerando le valutazioni effettuate da ciascuna Provincia Autonoma e Regione sulle perdite produttive e i trattamenti insetticidi nel proprio territorio, non si registrano variazioni di rilievo. Gli eventuali cambiamenti sono legati per lo più all'andamento climatico stagionale, che a seconda degli anni ha influito in maniera diversa sulle popolazioni di *D. suzukii*, dando quindi luogo a infestazioni più o meno dannose. Nonostante i livelli di parassitizzazione da parte di *G. kimorum* fin qui raggiunti non siano ancora in grado di contribuire al contenimento di *D. suzukii* in contesti produttivi, l'insediamento del parassitoide in alcune aree di rilascio mantiene delle prospettive a medio e lungo termine circa un suo ruolo nella mitigazione delle popolazioni del fitofago. Nello specifico i dati raccolti nell'ultimo anno di rilasci hanno confermato l'insediamento del parassitoide in vari siti di introduzione nelle regioni settentrionali, con rilevamenti nei campioni di frutta infestata da *D. suzukii* sia in fase pre- che post-rilascio. Al Centro-Sud, l'insediamento è stato limitato dalle condizioni climatiche sfavorevoli, caratterizzate da alte temperature e siccità, che hanno ridotto la disponibilità di frutta e le popolazioni dell'ospite. In queste aree, la decrescita è stata osservata anche per altri parassitoidi che attaccano *D. suzukii*, i cui ri-

trovamenti nel 2024 sono risultati inferiori rispetto agli anni precedenti, confermando che le condizioni climatiche hanno avuto un impatto negativo anche sulle specie native o con popolazioni già stabilite sul territorio. In Trentino, grazie all'intensa attività di monitoraggio, si sono registrati ritrovamenti più elevati di *G. kimorum* rispetto ad altre regioni, con un incremento rispetto alle stagioni precedenti. Nel 2024, il 25% dei siti ha mostrato presenza del parassitoide in pre-rilascio e il 60% in post-rilascio. In Valle d'Aosta, i ritrovamenti sono aumentati nell'unico sito operativo, mentre in Veneto la presenza di *G. kimorum* è rimasta costante, attestandosi al 20% dei siti positivi. In Piemonte e Bolzano, i ritrovamenti sono stati più irregolari, influenzati dalla ridotta disponibilità di frutta campionabile. In Emilia-Romagna, Toscana, Campania e Sicilia, i ritrovamenti sono diminuiti nel biennio 2023-2024 a causa delle condizioni climatiche estive particolarmente siccitose. In Puglia e Lazio, non sono stati registrati ritrovamenti, a causa di ostacoli operativi e della presenza irregolare di *D. suzukii* nei siti di rilascio. Complessivamente, i dati dei campionamenti mostrano un aumento costante del numero assoluto di individui di *G. kimorum* nel quadriennio 2021-2024, sia in fase pre- che post-rilascio, con un'espansione spaziale e temporale particolarmente evidente in Trentino e Valle d'Aosta. La distanza media dei ritrovamenti rispetto ai punti di rilascio è aumentata, suggerendo una dispersione crescente. Inoltre, il parassitoide ha dimostrato la capacità di sopravvivere a diverse altitudini, dalla pianura fino a 600 metri. Tutti gli individui catturati sono emersi da pupe di *D. suzukii*, confermando la specializzazione del parassitoide verso la specie bersaglio.

CONCLUSIONI

I progressi ottenuti fino a oggi, sia nell'ottimizzazione dell'allevamento di *G. kimorum* che nella definizione di strategie di rilascio più efficaci, offrono prospettive promettenti per il futuro. Il miglioramento continuo dei protocolli, l'adozione di tecnologie avanzate per il monitoraggio e una maggiore integrazione tra ricerca e applicazione pratica saranno essenziali per rafforzare l'impatto del biocontrollo e ridurre ulteriormente la dipendenza dagli insetticidi. In questo contesto, la sinergia tra istituzioni di ricerca, enti regolatori e settore produttivo rimane

un fattore chiave per il successo del progetto. La capacità di adattare il programma alle sfide emergenti, affrontando sia gli ostacoli scientifici che quelli burocratici, è stata e continua ad essere determinante per supportarne il successo nel medio-lungo termine. A quattro anni dal primo rilascio, il programma di controllo biologico classico di *D. suzukii* in Italia ha gettato basi solide per la gestione sostenibile di questa avversità, ma gli attesi effetti di riduzione delle perdite produttive e dei trattamenti insetticidi richiedono ancora tempo per essere quantificati, tempo necessario prima di tutto a *G. kimorum* di insediarsi stabilmente e di riprodursi nei territori di immissione.

BIBLIOGRAFIA

- LISI F., BIONDI A., CAVALLARO C., ZAPPALÀ L., CAMPO G., ROVERSI P.F., SABBATINI-PEVERIERI G., GIOVANNINI L., TAVELLA L., TORTORICI F., BARDELLA S., CARLI C., BOSIO G., MORI N., TONINA L., ZANINI G., CARUSO S., VACCARI G., MASETTI A., BITTAU B., BARISELLI M., SCHMIDT S., FALAGIARDA M., BERTIGNONO L., BONFANTI R., GIORGINI M., GUERRIERI E., TROPANO F.G., VERRASTRO V., BASER N., IBN AMOR A., ENDRIZZI S., TESSARI L., PUPPATO S., IORIATTI C., GRASSI A., ANFORA G., FELLIN L., ROSSI STACCONI M.V., 2021 - *Current status of Drosophila suzukii classical biological control in Italy*. - Acta Horti, 1354:193–200.
- FELLIN L., GRASSI A., PUPPATO S., SADDI A., ANFORA G., IORIATTI C., ROSSI STACCONI M.V., 2023 - *First report on classical biological control releases of the larval parasitoid Ganaspis brasiliensis against Drosophila suzukii in northern Italy*. - Biocontrol, 68(1):1–12.
- ROSSI-STACCONI M.V., WANG X., STOUT A., FELLIN L., DAANE K.M., BIONDI A., STAHL M.J., BUFFINGTON M.L., ANFORA G., HOELMER K.A., 2022 - *Methods for rearing the parasitoid Ganaspis brasiliensis, a promising biological control agent for the invasive Drosophila suzukii*. - J. Vis. Exp., 184: e 63898.
- STAHL J.M., WANG X., ABRAM P.K., BIONDI A., BUFFINGTON M.L., HOELMER K.A., KENIS M., LISI F., ROSSI-STACCONI M.V., SEEHAUSEN M.L., VOSSEN A., WONG W.H.L., DAANE K.M., 2024 - *Ganaspis kimorum (Hymenoptera: Figitidae), a promising parasitoid for biological control of Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae)*. - J. Int. Pest Manag., 15(1): 44.

THE SUCCESS OF *TORYMUS SINENSIS*: AN EFFECTIVE BIOCONTROL AGENT FOR THE ASIAN CHESTNUT GALL WASP

CHIARA FERRACINI^a - ALBERTO ALMA^a

^a Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, University of Torino

Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)

E-mail: chiara.ferracini@unito.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies”. Seduta pubblica dell’Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

*The success of *Torymus sinensis*: an effective biocontrol agent for the Asian Chestnut Gall Wasp*

The Asian Chestnut Gall Wasp *Dryocosmus kuriphilus* (ACGW), native to China, is considered to be a major pest of chestnut (*Castanea* spp.). In Europe it was first found in Italy, in 2002. The hatched larvae induce the formation of greenish-red galls, which develop at the time of budburst in the following early spring on new shoots, suppressing shoot elongation and causing twig dieback. In 2005 the host-specific parasitoid *Torymus sinensis* was introduced into Italy, to achieve a biological control of the pest. This parasitoid is phenologically well synchronised with its host and in all cases after its release can disperse successfully alongside ACGW by expanding its population, reducing shoot infestation rates below the tolerable damage threshold, and significantly containing gall wasp outbreaks. Although concerns about the safety of *T. sinensis* have been raised, no significative evidence of non-target effects was reported in the post-release risk assessment. The parasitoid proved to be an outstanding biocontrol agent in Europe, and its success highlights how the classical biological control approach may represent a cost-effective tool for managing an exotic invasive pest.

KEY WORDS: *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis*, classical biological control, *Castanea sativa*, risk assessment



Fig. 1 - *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. Oviposition of a female in a sweet chestnut bud.

Alien species are recognised as the second largest threat to biological diversity, the first being habitat destruction. Exotic pests, in the absence of their natural antagonists, may cause unprecedented damage to native biodiversity and the economic impact of invasive pests can be significant. In this context, classical biological control (CBC), the importation and release of an organism outside its natural range to control a pest, attempts to manage invasive pests through

the introduction of exotic natural enemies. CBC can assure lasting, highly selective, and effective pest control (McEvoy, 1996). Prey/host specificity appears to be one of the most variable biological traits of biocontrol agents (BCAS). Natural enemies currently used in biological control programmes may show various degrees of specificity. The release of more than 2000 species of natural enemies has resulted in the permanent reduction of at least 165 pest species worldwide (Cock *et al.*, 2010; Hajek *et al.*, 2016).

One of the most successful and recent examples of CBC programs was targeted to control the Asian chestnut gall wasp (ACGW), *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) (Fig. 1). This exotic invasive pest, native to China, was first introduced to Japan via infested plant material in 1941 (Moriya *et al.*, 2003), and then in Korea in 1958 (Cho and Lee, 1963), in the United States in 1974 (Rieske, 2007), in Nepal in 1999 (Abe *et al.*, 2007), and in Canada in 2012 (Huber and Read, 2012). Later it was reported in Europe (Italy) in 2002 (Brussino *et al.*, 2002) and added to the European Plant Protection Organization (EPPO) A2 Action list (EPPO, 2005) in 2003. The gall wasp rapidly spread throughout European countries (EPPO, 2022), seriously affecting sweet chestnut (*Castanea sativa* Miller) in orchards and coppices (Avtzis *et al.*, 2019).

ACGW is a univoltine and thelytokous species and lays eggs in buds during summer (Moriya *et al.*, 1990). The hatched larvae induce the formation of greenish-red galls, which develop at the time of budburst in the fol-

lowing early spring on new shoots (ÔTAKE, 1980) (Fig. 2), suppressing shoot elongation and causing twig die-back. Although it causes a serious phytosanitary threat, no evidence was found to confirm tree mortality. Early attempts of biological control of the pest were performed in Japan (MURAKAMI *et al.*, 1977; MURAKAMI, 1981) and in the USA (RIESKE, 2007) by the introduction of *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae), a chinese parasitoid described by KAMIJO (1982). In its native environment it was only one among many species of natural parasitoids of *D. kuriphilus* (MURAKAMI *et al.*, 1980), but it was very well synchronised with the life cycle of the pest, making it a strong candidate as a BCA.

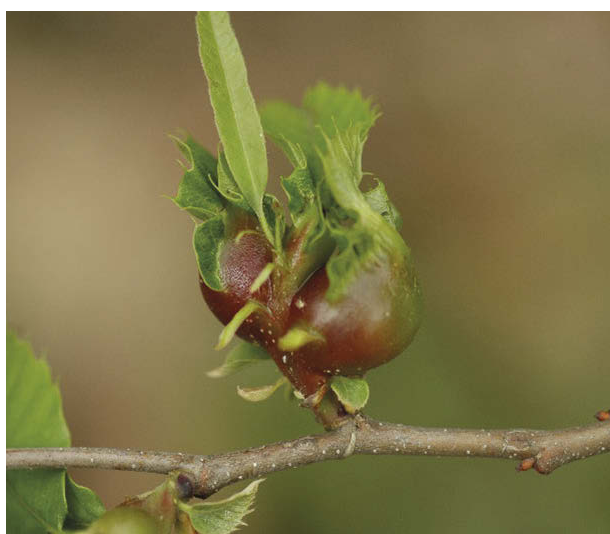


Fig. 2 - Typical greenish-red gall induced by the development of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu.

The European sweet chestnut is one of the most important broad-leaved species in Italy: chestnut stands amount to 788,400 ha, which represents 9% of the Italian forests (GRAZIOSI and SANTI, 2008). Due to the report of the gall wasp in 2002 and in consideration of the long-established economic importance of chestnut throughout the country for fruit and wood production, a collaboration was started with Japanese researchers from the Ibaraki Prefecture and a biological control program began in 2005 with the release in infested orchards of Japan-imported *T. sinensis* specimens, as part of a biocontrol program funded by the Piedmont region (QUACCHIA *et al.*, 2008). This parasitoid is phenologically well synchronised with its host and in all cases after its release can disperse successfully alongside ACGW by expanding its population, reducing shoot infestation rates below the tolerable damage threshold, and significantly containing gall wasp outbreaks. *T. sinensis* is reported in the literature as univoltine like its host, predominantly reproducing amphigonically. However, a small fraction of the insect population may undergo a prolonged diapause extended for 12 months, mainly as late instar larva, showing a two-year cycle (FERRACINI *et al.*, 2015a). Female lays eggs into newly formed galls, usually one egg per host larva. After hatching, the larva feeds externally on the mature host larva until pupation, which occurs during late winter. Adult

wasps emerge from the withered galls of the chestnut gall wasp in the spring, synchronous with sprouting of chestnut trees and with the appearance of ACGW galls (MORIYA *et al.*, 2003) (Fig. 3).

Following the Japanese and Italian experiences, reporting the establishment of a sizable population of *T. sinensis* vigorously parasitising the ACGW galls, further releasing programs were performed in Croatia, France, Hungary, Spain and Portugal (BOROWIEC *et al.*, 2018; MATOŠEVIĆ *et al.*, 2014; FERRACINI *et al.*, 2019). Although in Europe there exist several native species of Hymenoptera capable of parasitising ACGW galls, they have a very large host range and suffer by a mismatch between their emergence times and the development of the galls. They are therefore unable to act effectively as BCAS (AEBI *et al.*, 2007; QUACCHIA *et al.*, 2013).

In Japan, the introduction of *T. sinensis* was a prominent and successful example of CBC. The parasitoid kept the population of the ACGW under the damage threshold of 30% shoot infestation (GYOUTOKU and UEMURA 1985; MORIYA *et al.*, 1990). In the USA, COOPER and RIESKE (2007) reported that successful establishment of *T. sinensis* appeared to play a key role in population regulation of ACGW, but did not provide additional details. The time required for *T. sinensis* to establish a population varied by location in Japan. In Central Japan, MORIYA *et al.* (1990) reported a decrease in ACGW infestation 6 years after *T. sinensis* introduction. Conversely, in Southwest Japan, it took 18 years to establish a *T. sinensis* population. This delay was attributed to a low female sex ratio and high mortality caused by native hyperparasitoids (MURAKAMI and GYOUTOKU 1995). In Italy, a severe reduction of fruiting with yield losses due to insect attacks have been estimated to reach between 65% and 85% in northern Italy (BATTISTI *et al.*, 2014). A gradual reduction in vigour in the longer term is the likely consequence of annual infestation by the gall wasp, causing a gradual reduction in biomass (EFSA, 2010). *T. sinensis* required approximately 7–8 years to noticeably decrease the ACGW population. The success of the CBC program was mainly due to a coordinated national and regional effort, where institutions, associations, and private landowners combined their efforts to achieve ACGW population control. Indeed, after being initially released in the Piedmont region, *T. sinensis* was released in several other Italian regions. In 2012, the Italian Ministry of Agricultural, Food and Forestry Policies (MiPAAF) actively pursued the national release of the parasitoid due to the evident impact on the decline in ACGW population. This pursuit led to funding of the Lobiocin and Bioinfocast projects. These programs released a total of 295,220 wasps (approximately 120 females and 60 males per release) at 1669 sites in 17 regions between 2012 and 2014 (FERRACINI *et al.*, 2019).

Since *T. sinensis* is not native to Europe, several studies have investigated the role of native parasitoids in Europe (AEBI *et al.*, 2007; COLOMBARI and BATTISTI, 2016a; KOS *et al.*, 2015; MATOŠEVIĆ and MELIKA 2013; PANZAVOLTA *et al.*, 2013; QUACCHIA *et al.*, 2013). However, none of these native species effectively controlled the ACGW

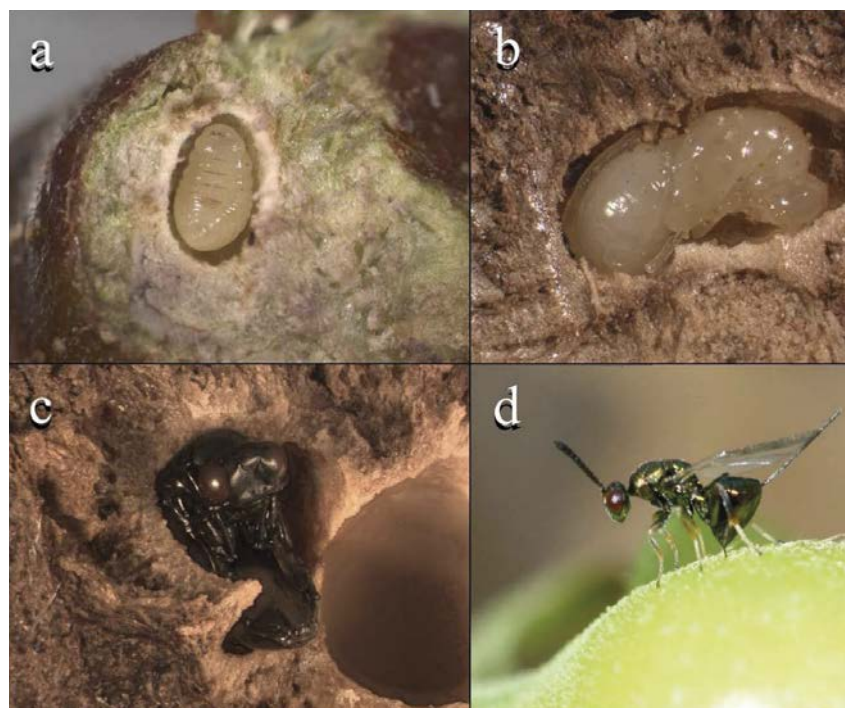


Fig. 3 - Phenological stages of *Torymus sinensis* Kamijo, biocontrol agent of the Asian chestnut gall wasp: mature larva (a), young pupa (b), mature pupa (c), adult female (d).

population in the long term, most likely due to incompatible life cycles. As opposed to what occurred in Southwest Japan, no native European parasitoids negatively influenced the establishment of *T. sinensis*. Furthermore, *T. sinensis* effectively controlled ACGW in Italy and its introduction progressively reduced the number of native parasitoids recruited since the establishment of the ACGW (FERRACINI *et al.*, 2018).

Nevertheless, the irreversible introduction of a BCA might bring, with time, negative effects, either direct or indirect, in particular on native non-target species. The outcomes may range on a large scale from negligible to massive effects and are difficult to predict in complex systems. Concerns about the safety of CBC and its possible consequences have been rising, about their non-transient effects on the environment, such as impacts on natural biodiversity, host switching and dispersal into non-agricultural habitats (DE CLERCQ *et al.*, 2011; LOUDA *et al.*, 2003; THOMAS and WILLIS 1998).

Concerns about the safety of *T. sinensis* and possible non-target effects have been raised (GIBBS *et al.*, 2011) and risk assessments have been documented in Italy. A post-release risk assessment was carried out to investigate the potential impacts of this BCA on non-target hosts (native cynipid gall inducers) and the likelihood of hybridization with native *Torymus* species phylogenetically closely related to *T. sinensis*. In response to concern about non-target impacts associated with the introduction of this exotic BCA, the EFSA Panel on Plant Health selected a non-target species list for testing the host-specificity of *T. sinensis* based on their closest phenological match to the flight period of the parasitoid (i.e. between April and May in Italy). A large-scale survey in northern Italy found a few specimens of *T.*

sinensis emerging from non-target oak galls. All evidence, however, still suggests that ACGW is by far the preferred host, and parasitism of other species occurs only exceptionally, possibly as a response to scarcity of its primary host (FERRACINI *et al.*, 2015b). Furthermore, In Japan hybridization was found between *T. sinensis* and the closely related *T. beneficus* Yasumatsu and Kamijo (YARA *et al.*, 2010), however no positive evidence for hybridization between *T. sinensis* and European congeneric *Torymus* species was found in the area of introduction (FERRACINI *et al.*, 2017; MONTAGNA *et al.*, 2018; POGIOTTI *et al.*, 2019).

Torymus sinensis may disperse over long distances through active flight or wind assistance to reach non-release sites (COLOMBARI and BATTISTI 2016b; MATOŠEVIĆ *et al.*, 2017; MORIYA *et al.*, 2003). Nevertheless, a few Italian chestnut -growing areas exhibited variable *T. sinensis* distribution and/or recurrent ACGW infestation. In the 25 years since the initial parasitoid release in Japan, there have been three peaks in the ACGW population that were subsequently followed by peaks in *T. sinensis* (MORIYA, personal communication). These observations clearly fit the mathematical model developed by PAPARELLA *et al.* (2016) that describes the population pattern of *T. sinensis* and its host. The model predicts that the pest population may increase in parts of the chestnut environment where *T. sinensis* is no longer abundant due to the scarcity of the host. These dynamics promote a population wave pattern, where a *D. kuriphilus* population increase will be followed by an increase in *T. sinensis* parasitism. Indeed, according to the model, parasitoid dispersal drastically reduces the ACGW level.

In North Italy, there has been no reported evidence of ACGW infestation resurgence 20 years after release of *T. sinensis*. This parasitoid has been proven to effectively con-

tol ACGW outbreaks, and its successful use highlights how CBC may represent a cost-effective tool for managing an exotic invasive pest, balancing pest populations below damaging levels. Since population changes and community responses induced by biological control programs often require long periods of time, continuous monitoring is needed to track the host–parasitoid population dynamics and to verify its effectiveness over time. Despite the parasitoid proved to be an effective BCA in almost all the introduced areas, in recent years chestnut growers reported in a few orchards an increase in the presence of ACGW, thus questioning the ef-

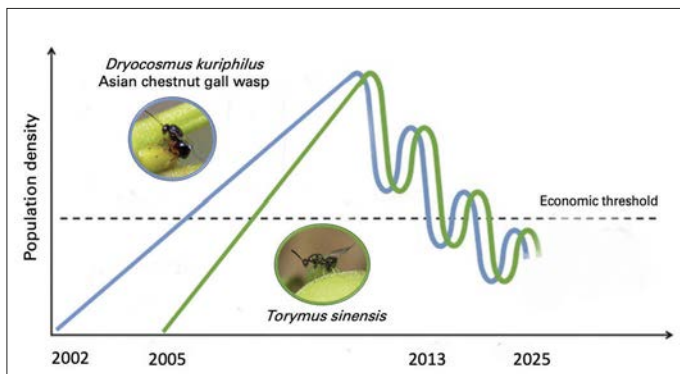


Fig. 4 - Population trends of the Asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu since the first report in 2002 in Italy and of its parasitoid, *Torymus sinensis* Kamijo, released since 2005 in classical biocontrol programs.

fectiveness of biocontrol by *T. sinensis* at local level. The investigations performed in these areas highlighted a phenological asynchrony between *T. sinensis* and the ACGW in sites characterised by warmer winter temperatures (FERRACINI *et al.*, 2022), suggesting that global warming may increase the magnitude of early emergence of the introduced BCA. If the parasitoids emerge too early, then the host population is exposed to a relatively lower number of searching adult parasitoids and may considerably increase. If the advance of emergence is repeated over the years, the parasitoid population may crash to very low levels, allowing the host population to increase rapidly. Therefore, biological control of *D. kuriphilus* with *T. sinensis* may be an effective option, but success could be expected only if one is prepared to carefully track the distribution of both species and to suppress any new hotspots with further releases of the parasitoid.

REFERENCES

ABE Y., MELIKA G., STONE G.N., 2007 – *The diversity and phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera, Cynipidae) of the Eastern Palearctic and their associated communities.* - *Orient. Insects*, 41: 169–212.

AEBI A., SCHÖNENBERGER N., MELIKA G., QUACCHIA A., ALMA A., STONE G.N., 2007 – *Native introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus.* - *EPPO Bull.*, 37:166–171.

AVTZIS D.N., MELIKA G., MATOŠEVIĆ D., COYLE D.R., 2019 – *The Asian chestnut gallwasp Dryocosmus kuriphi-*

lus: a global invader and a successful case of classical biological control. - *J. Pest Sci.*, 92: 107–115.

BATTISTI A., BENVIGNI I., COLOMBARI F., HAACK R.A., 2014 – *Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in Castanea sativa nut production.* - *Agric. Forest Entomol.*, 16 (1): 75–79.

BOROWIEC N., THAON M., BRANCACCIO L., CAILLERET B., RIS N., VERCKEN E., 2018 – *Early population dynamics in classical biological control: establishment of the exotic parasitoid Torymus sinensis and control of its target pest, the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus, in France.* - *Entom. Exp. Appl.*, 166: 367–379.

BRUSSINO G., BOSIO G., BAUDINO M., GIORDANO R., RAMELLO F., MELIKA G., 2002 – *Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo.* - *Inf.tore Agrario*, 58 (37): 59–61.

CHO D.Y., LEE S.O., 1963 – *Ecological studies on the chestnut gall wasp, Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu, and observations on the damages of the chestnut trees by its insect.* - *Kor. J. Plant Protect.*, 2: 47–54.

COCK M.J., VAN LENTEREN J.C., BRODEUR J., BARRATT B.I., BIGLER F., BOLCKMANS K., CÔNSOLI F.L., HAAS F., MASON P.G., PARRA J.R.P., 2010 – *Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control?* - *BioControl*, 55: 199–218.

COLOMBARI F., BATTISTI A., 2016a – *Native and introduced parasitoids in the biocontrol of Dryocosmus kuriphilus in Veneto (Italy).* - *EPPO Bull.*, 46: 275–285.

COLOMBARI F., BATTISTI A., 2016b – *Spread of the introduced biocontrol agent Torymus sinensis in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind?* - *Biocontrol*, 61: 127–139

COOPER R.W., RIESKE L.K., 2007 – *Community associated of an exotic gallmaker, Dryocosmus kuriphilus (Hymenoptera: Cynipidae), in Eastern North America.* - *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 100: 236–244.

DE CLERCQ P., MASON P.G., BABENDREIER D., 2011 – *Benefits and risks of exotic biological control agents.* - *BioControl*, 56: 681–698.

EFSA PANEL ON PLANT HEALTH (PLH), 2010 – *Risk assessment of the oriental chestnut gall wasp, Dryocosmus kuriphilus for the EU territory on request from the European Commission.* - *EFSA J.*, 8:1–114.

EPPO, 2005 – *Data sheets on quarantine pests-Dryocosmus kuriphilus.* - *EPPO Bull.*, 35: 422–424.

EPPO, 2022 – *EPPO Global Database.* <https://gd.eppo.int/taxon/DRYCKU> (accessed 22 February 2025).

FERRACINI C., GONELLA E., FERRARI E., SALADINI M.A., PICCIAU L., TOTA F., PONTINI M., ALMA A., 2015a – *Novel insight in the life cycle of Torymus sinensis, biocontrol agent of the chestnut gall wasp.* - *Biocontrol*, 60:169–177.

FERRACINI C., FERRARI E., SALADINI M.A., PONTINI M., CORRADETTI M., ALMA A., 2015b – *Nontarget host risk assessment for the parasitoid Torymus sinensis.* - *Biocontrol*, 60: 583–594.

FERRACINI C., FERRARI E., PONTINI M., HERNÁNDEZ NOVA L.K., SALADINI M.A., ALMA A., 2017 – *Post-release*

- evaluation of non-target effects of *Torymus sinensis*, the biological control agent of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. - *Biocontrol*, 62: 445–456.
- FERRACINI C., BERTOLINO S., BERNARDO U., BONSIGNORE C.P., FACCOLI M., FERRARI E., LUPI D., MAINI S., MAZZON L., NUGNES F., ROCCO A., SANTI F., TAVELLA L., 2018 – Do *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and agroforestry system affect native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp? - *Biol. Control*, 121: 36–43.
- FERRACINI C., FERRARI C., PONTINI M., SALADINI A., ALMA A., 2019 – Effectiveness of *Torymus sinensis*: a successful long-term control of the Asian chestnut gall wasp in Italy. - *J. Pest Sci.*, 92: 353–359.
- FERRACINI C., POGOLOTTI C., ALMA A., 2022 – A mismatch in the emergence of *Torymus sinensis* may affect the effectiveness of this biocontrol agent? - *Biol. Control*, 174: 105029.
- GIBBS M., SCHÖNRÖGGE K., ALMA A., MELIKA G., QUACCHIA A., STONE G.N., AEBI A., 2011 – *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? - *BioControl*, 56: 527–538.
- GRAZIOSI I., SANTI F., 2008 – Chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*): spreading in Italy and new records in Bologna province. - *Bull. Insectol.*, 61 (2): 343–348.
- GYOUTOKU Y., UEMURA M., 1985 – Ecology and biological control of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), 1. Damage and parasitization in Kumamoto prefecture [Japan]. - *Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu*, 31: 213–215.
- HAJEK A.E., HURLEY B.P., KENIS M., GARNAS J.R., BUSH S.J., WINGFIELD M.J., VAN LENTEREN J.C., COCK M. J.W., 2016 – Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions? - *Biol. Invasions*, 18: 953–969.
- HUBER J.T., READ J., 2012 – First record of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). - *Canada. J. Entomol. Soc. Ont.*, 143: 125–128.
- KAMIJO K., 1982 – Two new species of *Torymus* (Hymenoptera, Torymidae) reared from *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in China and Korea. - *Kontyû*, 50: 505–510.
- KOS K., KRISTON E., MELIKA G., 2015 – Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. - *Eur. J. Entomol.*, 112: 698–704.
- LOUDA S.M., PEMBERTON R.W., JOHNSON M.T., FOLLETT P.A., 2003 – Nontarget effects—the Achilles' heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. - *Annu. Rev. Entomol.*, 48: 365–396.
- MATOŠEVIĆ D., MELIKA G., 2013 – Recruitment of native parasitoids to a new invasive host: first results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. - *Bull. Insectol.*, 66: 231–238.
- MATOŠEVIĆ D., QUACCHIA A., KRISTON É., MELIKA G., 2014 – Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) - an overview and the first trials in Croatia. - *South. East Eur. For.*, 5: 3–12.
- MATOŠEVIĆ D., LACKOVIĆ N., KOS K., KRISTON E., MELIKA G., ROT M., PERNEK M., 2017 – Success of classical biocontrol agent *Torymus sinensis* within its expanding range in Europe. - *J. Appl. Entomol.*, 141: 758–767.
- McEVY P. B., 1996 – Host specificity and biological pest control. - *BioSci.*, 46: 401–405.
- MONTAGNA M., GONELLA E., MEREGHETTI V., MAGOGA G., FERRARI E., PONTINI M., FERRACINI C., ALMA A., 2018 – Molecular species delimitation of the Asian chestnut gall wasp biocontrol agent released in Italy. - *Insect Syst. Evol.*, 50: 327–345.
- MORIYA S., INOUE K., MABUCHI M., 1990 – The use of *Torymus sinensis* to control chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, in Japan. - *Tech. Bull.*, 118: 1–12.
- MORIYA S., SHIGA M., ADACHI I., 2003 – Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. In: Van Driesche, R.G. (Ed), Proceedings of the 1st International symposium on biological control of arthropods, Hawaii, 14–18 January 2002. USDA Forest Service, Washington, DC, USA, pp. 407–415.
- MURAKAMI Y., UMEYA K., OHO N., 1977 – A preliminary introduction and released of a parasitoid (Chalcidoidea, Torymidae) of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. - *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 21: 197–203.
- MURAKAMI Y., AO H.B., CHANG C.H., 1980 – Natural enemies of the chestnut gallwasp in Hopei Province, China (Hymenoptera: Chalcidoidea). - *Appl. Entomol. Zool.*, 15: 184–186.
- MURAKAMI Y., 1981 – The parasitoids of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Japan and the introduction of a promising natural enemy from China (Hymenoptera: Chalcidoidea). - *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.*, 25: 167–174.
- MURAKAMI Y., GYOUTOKU Y., 1995 – A delayed increase in the population of an imported parasitoid, *Torymus* (*Syntomaspis*) *sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) in Kumamoto, southwestern Japan. - *Appl. Entomol. Zool.*, 30: 215–224.
- ÔTAKE A., 1980 – Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): a preliminary study on trend of adult emergence and some other ecological aspects related to the final stage of its life cycle. - *Appl. Entomol. Zool.*, 15: 96–105.
- PANZAVOLTA T., BERNARDO U., BRACALINI M., CASCONI P., CROCI F., GEBIOLA M., IODICE L., TIBERI R., GUERRIERI E., 2013 – Native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. - *Bull. Insectol.*, 66: 195–201.
- PAPARELLA F., FERRACINI C., PORTALURI A., MANZO A., ALMA A., 2016 – Biological control of the chestnut gall wasp with *T. sinensis*: a mathematical model. - *Ecol. Model.*, 338: 17–36.
- POGOLOTTI C., CUESTA-PORTA V., PUJADE-VILLAR J., FER-

- RACINI C., 2019 – *Seasonal flight activity and genetic relatedness of Torymus species in Italy*. - Agric. Forest Entomol., 21 (2): 159–167.
- QUACCHIA A., MORIYA S., BOSIO G., SCAPIN G., ALMA A., 2008 – *Rearing, release and settlement prospect in Italy of Torymus sinensis, the biological control agent of the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus*. - Biocontrol, 53: 829–839.
- QUACCHIA A., FERRACINI C., NICHOLLS J.A., PIAZZA E., SALADINI M.A., TOTA F., MELIKA G., ALMA A., 2013 – *Chalcid parasitoid community associated with the invading pest Dryocosmus kuriphilus in North-Western Italy*. - Insect Conserv. Divers., 6: 114–123.
- RIESKE L.K., 2007 – *Success of an exotic gallmaker, Dryocosmus kuriphilus, on chestnut in the USA: a historical account*. - EPPO Bull., 37 (1): 172–174.
- THOMAS M.B., WILLIS A.J., 1998 – *Biocontrol – Risky but necessary?* - Trends Ecol. Evol., 13: 325–329.
- YARA K., SASAWAKI T., KUNIMI Y., 2010 – *Hybridization between introduced Torymus sinensis (Hymenoptera: Torymidae) and indigenous T. beneficus (late spring strain), parasitoids of the Asian chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus (Hymenoptera: Cynipidae)*. - Biol. Control, 54: 14–18.

EXPLORING POTENTIAL BIOCONTROL AGENTS OF THE INVASIVE SCALE *TOUMEYELLA PARVICORNIS* (HEMIPTERA: COCCIDAE)

LUCREZIA GIOVANNINI^a - GIUSEPPE MAZZA^a - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI^a
IMMACOLATA IOVINELLA^a - BRYAN NAQQI MANCO^b - DODLY PROSPER^b - JUNEL BLAISE^b
CHRISTOPHER MAY^b - NATALIA VANDENBERG^c - LEONARDO MARIANELLI^a - PIO FEDERICO ROVERSI^{a, d}

^a CREA—Research Centre for Plant Protection and Certification, I-50125 Florence, Italy

^b Department of Environmental and Coastal Resources, National Environmental Centre, Providenciales, Turks and Caicos Islands

^c Systematic Entomology Laboratory, ARS, USDA c/o National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC 20560

^d INRPP—Italian National Reference Institute for Plant Protection

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies”. Seduta pubblica dell’Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

Exploring potential biocontrol agents of the invasive scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae)

Toumeyella parvicornis, native to the Nearctic region, represents an increasing threat to pine forests worldwide. Severe infestations of this invasive scale have long affected the Caribbean Islands of Turks and Caicos (TCI) and more recently spread to Europe (Italy and France). Classical biological control may offer the most promising long-term solution for managing *T. parvicornis* in newly invaded regions. This study, based on an entomological field trip to the Turks and Caicos, allowed the discovery and selection of the coccinellid predator *Thalassa montezumae* as a potential biological control agent. This species was never recorded before on TCI and was probably introduced in the same way of *T. parvicornis*. The study evaluated infestation rates of *T. montezumae* in both field and laboratory settings, and assessed pest suppression impact by the coccinellid beetle. Given the positive results from these studies and predation tests, *T. montezumae* was imported to Italy under quarantine to assess its potential impact on non-target species. Predation tests were conducted on various developmental stages of different scale insects and other Hemiptera (e.g., Aphididae, Aleyrodidae) common in Europe. Results showed that *T. montezumae* primarily preys on scales with significantly higher predation rates for the target species *T. parvicornis*. Further research is needed to fully assess the environmental risks associated with using *T. montezumae* as a biological control agent for *T. parvicornis* in Italy.

KEY WORDS: Classical biological control, *Thalassa montezumae*, non-target risk assessment, natural enemies

Toumeyella parvicornis (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae), commonly known as the pine tortoise scale, is a small sap-feeding insect native to North America, ranging from Canada to Mexico. Primarily targeting pine trees (*Pinus* species), this pest has become highly invasive outside its native range, spreading to regions including the Caribbean and parts of Europe, such as Italy and France, where it causes significant damage to pine forests. In its native range, infestations tend to affect mainly young trees, where the primary impacts include reduced growth from feeding and decreased photosynthetic activity due to sooty mold covering the needles and only in worst cases lead to death. In general, the pine tortoise scale is typically considered a secondary pest, with population surges often occurring in response to factors like insecticide use or changes in climatic conditions that disrupt natural predators (CLARKE, 2013). At the opposite, in invasive range, the damage caused by *T. parvicornis* is more severe, leading to tree decline or even death, posing a serious threat to both urban pine plantations and forests. Due to its invasive nature and significant impact, it is now listed on the EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) alert list.

In its native range, a variety of natural enemies, including predators and parasitoids, have been documented for *T. parvicornis*, with ladybeetles being the most common ones. However, none of these natural enemies are considered specific to this pest. In the Turks and Caicos Islands (TCI), favorable climatic conditions allow *T. parvicornis* to complete multiple generations per year, and the lack of natural enemies has led to a significant population increase, contributing to the 95% decline in the endemic Caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *bahamensis*) (MALUMPHY *et al.*, 2012).

In Italy, the species *T. parvicornis* has rapidly spread across several regions in the central and southern part of the Country, prompting immediate phytosanitary measures to contain or eradicate local infestations (MIPAAF, 2021). In the areas affected by the pest, the primary damages occurred on stone pines (*Pinus pinea*), particularly in urban and suburban environments, though *Pinus nigra* and *Pinus pinaster* are also attacked. To combat this pest, endotherapeutic treatments have been implemented, especially in urban settings, with some success. However, these treatments are cost effective in forest ecosystems and of no practical use.

Biological control is considered a promising approach for the long-term management of *T. parvicornis* in newly invaded areas. In Italy, several native species have been found associated with *T. parvicornis* or have accepted it as a host. These include the widely distributed *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae), the parasitoid *Metaphycus flavus* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae), and the Australian-origin coccinellid *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), which was introduced to Italy for biological control of the mealybug *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) in the last century. However, these species are generalists, and their overall impact on controlling *T. parvicornis* in Italy appears to be minimal.

For this reason, an entomological field trip was conducted in areas where *T. parvicornis* populations are known to be dense, particularly in forest stands, to identify potential natural enemies. The Turks and Caicos Islands, a British overseas territory in the Caribbean, were chosen as study sites due to the severe infestations of *T. parvicornis* in their pine forests over the past two decades. Remarkably, at TCI there have been frequent observed an unidentified natural enemies—whether parasites or predators—attacking adult females of the scale insect (authors' personal observations). Currently, the only remaining natural pine forests in the TCI are located on Middle Caicos Island, the private island of Pine Cay, and in a nursery on North Caicos under a native pine conservation program. The study performed on these islands aimed to evaluate the impact of the scale pest on these pine forests and identify natural enemies that could potentially be used in a biological control program. Insect species collected during the survey were subsequently tested in the laboratory to assess their responses to both *T. parvicornis* and non-target species as part of a preliminary host range assessments.

To reach this goal, an experimental design was performed: a representative sample of trees was selected from each pine forest to assess the infestation rate of *T. parvicornis* and since this species was found exclusively on the needles, a pool of needles was collected from each tree for laboratory analysis, and all insects present on those trees were collected. Once in the laboratory, the number of individuals of *T. parvicornis* present on the collected needles was counted, as well as how many of these were preyed upon or parasitized. All infested needles were then transferred to insect rearing cages to observe the emergence of potential parasitoids. The insects collected from each plant were identified at the order and family level, when possible, and potential predators of the scale insects were isolated to evaluate their predation abilities. The results of the study showed that all pine trees randomly selected from each site were infested with *T. parvicornis*, with a total of 8,104 individuals counted across more than 2,000 collected needles. The infestation rate did not significantly differ between the pine stands in three islands, nor did the number of *T. parvicornis* individuals that were predated. The interesting result was that on average, more than 50% of *T.*

parvicornis individuals observed were predated across all three islands pine stands.

Among the insects collected on the canopy of each pine randomly selected, only two species of coccinellids, both in adult and larval stages, were identified as potential predators. One species, easily identified using morphological keys, was *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), a native TCI species. The second species, initially misidentified as belonging to the *Hyperaspis* genus, was later correctly identified as *Thalassa montezumae* Mulsant, through collaboration with expert co-authors. This species had not been recorded in the TCI before and was likely introduced alongside *T. parvicornis*.

To assess the predatory behavior of the two coccinellid species, predation tests, including no-choice tests, were conducted under controlled laboratory conditions. In these tests, individual predators of both species were placed in separate plastic Petri dishes and starved for 24 hours. After this period, each predator was provided with a pine needle infested with 10 adult females of *T. parvicornis*. After another 24 hours, the pine needle was examined, and the number of scales preyed upon was counted to determine the predation rate for each coccinellid species. The same procedure was then repeated using the immature stages of both coccinellid species. The results of these predation tests indicated that the percentage of individuals predated by *T. montezumae* was significantly higher than that predated by *C. sanguinea*, both in adults and larval stages. The predation rate of *T. montezumae* was notably high, reaching approximately 90%. Therefore, the high predation rate observed in the field could certainly be attributed to *T. montezumae* and the large number of individuals of this species observed in the field further confirmed this result.

Based on the rate of predation of *T. parvicornis* observed in the field on all the pine yards investigated on TCI, the population level of the detected natural enemies, and the results obtained from predatory tests, *T. montezumae* was selected for importation into Italy after specific export and import authorizations by the relevant national authorities. Approximately, 200 adult-live specimens (males and females in equal numbers) of *T. montezumae* were transferred to Italy under quarantine conditions in the laboratories of CREA to evaluate the potential of introducing this species as a biological control agent. Here, the imported adults of *T. montezumae* were promptly used to perform predation tests as a first step of a non-target risk assessment. These tests were similar to those performed in the TCI, where the target species *T. parvicornis* (collected from infested sites in Italy), and a selection of non-target species at different developmental stages from the local Hemiptera fauna, were evaluated as potential preys. The results indicated that the number of individuals predated varies among the tested species and developmental stages provided as prey when compared to *T. parvicornis*, for which the predation rate is consistently significantly higher compared to non-target species tested. The results also indicated that none of the aphid species tested were predated by *T. montezumae*.

The results of the study are promising and encourage

further studies in this field. A multidisciplinary approach is essential to replicate natural conditions as closely as possible. Therefore, additional studies are underway to assess the biology and ecology of this species, as well as its ability to adapt to our environments. This research aims to gather more information about its potential use as a biological control agent and to predict any risks of negative environmental impacts.

REFERENCES

- 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.
- CLARKE S.R., 2013 - *Pine tortoise scale*. Forest Insect & Disease Leaflet 57. US Department of Agriculture, Forest Service.
- 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>

BIOLOGICAL CONTROL OF *POPILLIA JAPONICA* USING AN INDIGENOUS STRAIN OF *HETERORHABDITIS BACTERIOPHORA*: FROM NEMATODE ISOLATION TO NON-TARGET RISK ASSESSMENT

LEONARDO MARIANELLI^a - GIUSEPPE MAZZA^{a*} - IMMACOLATA IOVINELLA^a - FRANCESCO PAOLI^a
LEONARDO ANCILLOTTO^b - AGOSTINO STRANGI^a - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI^a
CHIARA SCIANDRA^{a,c} - FRANCESCO BARBIERI^a - CLAUDIA BENVENUTI^a - STEFANIA SIMONCINI^a
GIAN PAOLO BARZANTI^a - EUSTACHIO TARASCO^d - PIO FEDERICO ROVERSI^a - GIULIA TORRINI^a

^a CREA—Research Centre for Plant Protection and Certification, Florence, Italy

^b CNR-IRET, Florence, Italy

^c University of Siena, Department of Life Sciences, Siena, Italy

^d University of Bari, Department of Soil, Plant and Food Science, Bari, Italy

* Corresponding author: giuseppe.mazza@crea.gov.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies”. Seduta pubblica dell’Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

Biological control of Popillia japonica using an indigenous strain of Heterorhabditis bacteriophora: from nematode isolation to non-target risk assessment

Popillia japonica is a pest that affects many plant species and is a serious threat to agriculture throughout Europe. Field trials in Piedmont, Italy, showed that the indigenous nematode strain *Heterorhabditis bacteriophora* effectively reduced larval populations and showed superior persistence compared to commercial ones. Environmental conditions influenced nematode survival, but recovery was observed under favorable conditions. No adverse effects on non-target soil fauna were observed, with some taxa increasing in abundance. *Heterorhabditis bacteriophora* indigenous strain is a promising candidate for integrated pest management strategies to counteract the spread of this important pest in northern Italy.

KEY WORDS: Biological Control Agents, Entomopathogenic nematodes, *Popillia japonica*, Integrated Pest Management

INTRODUCTION

The Japanese beetle *Popillia japonica* Newman, 1841 is a pest native to Japan that attacks over 400 host plants (POGGI *et al.*, 2022), posing significant risks to agriculture and forests. Since its introduction into the U.S. in 1916, *P. japonica* has spread rapidly across the eastern and central territories and into parts of Canada (ALTHOFF & RICE, 2022). In Europe, it was first detected in the Azores in the 1970s (VIEIRA, 2008) and later in mainland Italy in 2014, specifically in the Ticino River Valley, a Natural Park between the Lombardy and Piedmont regions (PAVESI, 2014).

The beetle causes extensive damage to crops, including vineyards, soybeans, and corn, as well as to private orchards and ornamental plants. Due to its high reproductive rate, the multiple pathways of introduction, polyphagous diet, and dispersal capability, as well as its potential to cause severe economic, environmental, and social damage in newly introduced areas, *P. japonica* has been included in the European Plant Protection Organization (EPPO) list A2 as a quarantine pest recommended for regulation (https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A2_list).

Management activities to control its spread include chemical treatments, mass trapping, and the use of biological control agents, such as nematodes and fungi. De-

spite these efforts, *P. japonica* infestations have reached Switzerland and have triggered interceptions in other European countries (reviewed in GOTTA *et al.*, 2023). The life cycle of *Popillia japonica* is mostly spent as grubs in soil, where they damage turf and crops. These grubs are vulnerable to biological control agents like entomopathogenic nematodes (EPNs) and fungi (EPF). EPNs, effective against pests like *P. japonica*, are safe for the environment and have been increasingly used in pest control (KOPPENHÖFER & FUZY, 2004; MARIANELLI *et al.*, 2018).

The Horizon 2020 Project “IPM-POPILLIA” is a European initiative aimed at developing sustainable, integrated pest management (IPM) strategies to control the spread and impact of the Japanese beetle in Europe (<https://www.popillia.eu/>). As part of this project, here we shortly reported the steps from natural strain entomopathogenic nematodes (EPNs) isolation to non-target risk assessment, with the main aim to cope with this pest.

SELECTION OF EPNs STRAINS AGAINST *POPILLIA JAPONICA*

The natural occurrence of entomopathogenic nematodes (EPNs) in soil infested by *Popillia japonica* has been investigated in the Piedmont region (Northern Italy). EPNs were successfully isolated from 39 soil samples collected across

155 field sites. All the recovered isolates were identified at species level using both morphological and molecular techniques. *Steinernema carpocapsae* Weiser, 1955 was the most abundant, followed by *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934, while only three isolates of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 were collected. The virulence of all collected EPN strains against *P. japonica* third-instar larvae was evaluated in laboratory and semi-field assays (TORRINI *et al.*, 2020), with the *H. bacteriophora* natural strain (POP16) showing the highest virulence. This strain was then selected for field evaluation alongside a commercial product based on *H. bacteriophora* (Nematop[®], e-nema[™] GmbH, Schwenntinental Germany) for efficacy comparison.

EFFICACY OF EPNs AGAINST *POPILLIA JAPONICA* LARVAE AND THEIR PERSISTENCE IN FIELD TRIALS

Since September 2021, field trials have been conducted in the Piedmont region across three perennial meadows with different irrigation managements: non-irrigated, semi-irrigated, and irrigated fields.

To minimize heat stress, EPNs were applied at sunset. Prior to treatment, fields were irrigated using a tanker truck to optimize soil moisture conditions. EPNs treatments were carried out at concentrations recommended for commercial products, following experimental tests conducted in the laboratory (PAOLI *et al.*, 2017), i.e., 25,000,000 Infective Juveniles (IJ) per plot (5x10 m) in 14 liters of water using a backpack sprayer. In each field, there were 10 replicates (plots) for each EPN strain used.

Larval density and the presence of *Heterorhabditis bacteriophora* in the three fields were assessed before treatment and subsequently monitored several times after treatment (November 2021, April 2022, November 2022, and November 2023).

Two months after treatment, a consistent reduction in *P. japonica* larvae was observed in plots treated with EPNs, particularly with the POP16 strain, compared to untreated ones. Regarding the persistence in the soil, immediately after treatment, there was a significant increase in the number of IJs after both treatments and a good persistence until April 2022. In November 2022, however, nematode populations collapsed due to adverse weather events, including exceptional droughts during the spring and summer, resulting in no statistically significant difference between treated and control plots. The reduction in the quantity of EPNs in the soil is not irreversible. When environmental conditions improve - such as temperatures suitable for nematode survival and infection, along with increased soil humidity - and host insects are present, even a small number of *H. bacteriophora* specimens can rapidly increase the population. This could explain the increase of IJs density in November 2023 compared to the previous year, in the irrigated field.

EVALUATION OF THE POSSIBLE IMPACT OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AGAINST SOIL FAUNA

The use of entomopathogens against target pests is widespread, but the effects of such released organisms on

non-target invertebrates are currently not well known. In the present contribution, the effects of EPNs on non-target soil biota were also evaluated in the irrigated experimental field, comparing soil arthropod assemblages with a Before-After Control-Impact experimental design.

The results showed that the number of *Popillia japonica* larvae had significantly decreased after POP16 treatment. The effects on the arthropod community (taxa richness and QBS-ar) were mainly limited to seasonal factors. Some taxa, namely Collembola and Acarina, showed a disproportionate increase in treated plots, suggesting that some changes may occur in the long term, at least in particular arthropod groups (SCIANDRA *et al.*, 2024). However, the identification of taxa at the class/order level, as required by the index, might mask the effect of some specific families that are important in food webs, and further research is needed to evaluate this issue in depth in the future.

CONCLUSION

The analysis of the results obtained in the three experimental fields clearly showed the effectiveness of the treatments with EPNs in reducing the larval density of *Popillia japonica* in short and mid-term after treatment in the infested fields. Each field showed a significant response to the treatments, with some differences in the details that warrant further discussion. The persistence data showed that EPNs can maintain their presence in the soil over an extended period, although their efficacy in reducing larval populations decreases over time.

Overall, our findings on efficacy and persistence suggest that the selected indigenous strain of *H. bacteriophora* POP 16 may be considered a good candidate for *P. japonica* integrated pest management. Furthermore, no negative effects on non-target soil microarthropods were observed, while an increase in the abundance of some taxa (e.g., springtails and mites) occurred, likely due to their utilization of these biological control agents as a food source.

REFERENCES

- ALTHOFF E.R., RICE K.B., 2022 – *Japanese Beetle (Coleoptera: scarabaeidae) invasion of north America: history, ecology, and management*. - J. Integr. Pest Manag., 13(1):2. doi: 10.1093/jipm/pmab043
- GOTTA P., CIAMPITTI M., CAVAGNA B., BOSIO G., GILIOLI G., ALMA A., BATTISTI A., MORI N., MAZZA G., TORRINI G., PAOLI F., SANTOIEEMMA G., SIMONETTO A., LESSIO F., SPERANDIO G., GIACOMETTO E., BIANCHI A., ROVERSI P.F., MARIANELLI L., 2023 – *Popillia japonica—Italian outbreak management*. - Front. Insect Sci., 3, 1175138. doi: 10.3389/finsc.2023.1175138
- KOPPENHÖFER A.M., FUZY E.M. 2004 – *Effect of white grub developmental stage on susceptibility to entomopathogenic nematodes*. - J. Econ. Entomol., 97: 1842-1849.
- MARIANELLI L., PAOLI F., TORRINI G., MAZZA G., BENVENUTI C., BINAZZI F., SABBATINI PEVERIERI G., BOSIO G.,

- VENANZIO D., GIACOMETTO E., PRIORI S., KOPPENHÖFER A. M., ROVERSI P.F., 2018 – *Entomopathogenic nematodes as potential biological control agents of Popillia japonica (Coleoptera, Scarabaeidae) in Piedmont Region (Italy)*. - J. Appl. Entomol., 142(3): 311-318.
- PAOLI F., MARIANELLI L., BINAZZI F., MAZZA G., BENVENUTI C., SABBATINI PEVERIERI G., BOSIO G., VENANZIO D., GIACOMETTO E., KLEIN M., ROVERSI P.F., 2017 – *Effectiveness of different doses of Heterorhabditis bacteriophora against Popillia japonica 3rd instars: Laboratory evaluation and field application*. - Redia, 100: 135-138.
- PAVESI M., 2014 – *Popillia japonica specie aliena invasiva segnalata in Lombardia*. - L'Informatore Agrario, 32: 53-55.
- POGGI S., DESNEUX N., JACTEL H., TAYEH C., VERHEGGEN F., 2022 – *A nationwide pest risk analysis in the context of the ongoing Japanese beetle invasion in Continental Europe: The case of metropolitan France*. - Front. Insect Sci., 12;2:1079756. doi: 10.3389/finsc.2022.1079756. PMID: 38468800.
- SCIANDRA C., BARBIERI F., ANCILLOTTO L., TORRINI G., MARIANELLI L., IOVINELLA I., PAOLI F., BARZANTI G.P., BENVENUTI C., ROVERSI P.F., MAZZA G., 2024 – *Can we manage alien invasive insects without altering native soil faunal communities? A field trial on Popillia japonica*. - Ecol. Indic., 161: 111955.
- TORRINI G., PAOLI F., MAZZA G., SIMONCINI S., BENVENUTI C., STRANGI A., TARASCO E., BARZANTI G.P., BOSIO G., CUTINO I., ROVERSI P.F., MARIANELLI L., 2020 – *Evaluation of indigenous entomopathogenic nematodes as potential biocontrol agents against Popillia japonica (Coleoptera: scarabaeidae) in northern Italy*. - Insects, 11(11): 804. doi: 10.3390/insects11110804
- VIEIRA V., 2008 – *The Japanese beetle Popillia japonica Newman 1838 (Coleoptera: scarabaeidae) in the Azores islands*. - Boletín de la S.E.A., 43: 450-451.

A TWENTY YEARS PATH THROUGH BIOLOGICAL CONTROL OF YELLOW SPIDER MITE IN VINEYARDS: EVIDENCES AND PERSPECTIVES

SAURO SIMONI^a - FRANCA TARCHI^a - DONATELLA GOGGIOLI^a - SILVIA GUIDI^a - MARISA CASTAGNOLI^a
MARIALIVIA LIGUORI^a - ROBERTO NANNELLI^a - GIUSEPPINO SABBATINI PEVERIERI^a
ELENA GAGNARLI^a - SIMONE UGO MARIA BREGAGLIO^b

^a Council for Agricultural Research and Economics - Research Centre for Plant Protection and Certification (CRE-A-DC), via Lanciola 12a, 50125, Firenze, Italy.

^b Council for Agricultural Research and Economics - Research Centre for Agriculture and Environment (CRE-A-AA), Via di Corticella 133, 40128, Bologna, Italy.

Corresponding Author: sauro.simoni@crea.gov.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Biological Control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: Italian Projects and Innovative Strategies". Seduta pubblica dell'Accademia, Napoli, 14 giugno 2024.

A twenty years path through biological control of Yellow Spider Mite in vineyards: evidences and perspectives.

The yellow spider mite, *Eotetranychus carpini* (Oud.) (Mites, Tetranychidae), is a polyphagous phytophagous species widely distributed throughout Italy, with its most significant damage reported in vineyard areas. Effective control of this tetranychid is important in Tuscan viticulture (Central Italy), where it often causes relevant yield and quality losses. However, due to the complexity of correlating early presence or visible damage with the actual population density/abundance, control actions are frequently untimely, thus favoring promoting pest proliferation and damage intensification. Therefore, to perform an effective pest control and avoid triggering a cycle of escalating harm, a more balanced and thoughtful approach is necessary, by integrating monitoring data with knowledge and data on long-term ecological dynamics of the vineyard.

This contribution summarizes a twenty years path in developing and implementing control strategies for *E. carpini* through the use of phytoseiids, predatory mites, with emphasis on the key role of *Kampimodromus aberrans* (Oud.). In recent years, to enhance the efficiency of these strategies, the non-parametric machine learning method Random Forest (RF) has been adopted to quantify the variability in leaf area tetranychid damage. This variability was assessed in relation to mite abundance and population structure, as well as vine cultivar and phenological stage. Among the variables considered, the abundance of immature tetranychids was identified as the most significant factor contributing to the variability in leaf damage, followed by vine phenology, cultivar, and even presence of phytoseiids, the mite predators. These findings emphasize the strong correlation between *E. carpini* abundance and early leaf damage, highlighting the importance of timely pest detection on vine leaves. Additionally, the intensity of damage was shown to be modulated by the role of vine cultivar and natural predators.

KEY WORDS: yellow spider mite, *Kampimodromus aberrans*, machine learning, Random Forest, Tuscan viticulture.

INTRODUCTION

The yellow grapevine spider mite, *Eotetranychus carpini* (Oud.) (Acari, Tetranychidae), is a polyphagous phytophagous mite which can infest a variety of broad-leaved trees that are both ornamental and forest-related (MIGEON *et al.*, 2010; MIGEON and DORKELD, 2025). The presence and spreading of *E. carpini* have been documented historically (VAN DER GOOT, 1914) and, more recently, have become increasingly common in vineyards across Europe, particularly on Italian grapevines (DUSO, 1997). In general, phytoseiids, the primary predatory mites of the tetranychid, are either absent or occur in very low-density populations in vineyards and regions where the phytophagous reaches high population levels (DUSO, 2007; CASTAGNOLI *et al.*, 2009). Furthermore, in

Tuscany, yellow spider mite infestations have intensified in recent years in both conventional and organically managed vineyards. This trend is most likely due to altered agroecosystem dynamics and increasingly favorable meteorological conditions compared to the past (BONATO *et al.*, 1990; SIMONI and CASTAGNOLI, 2007).

Eotetranychus carpini's damage can be detrimental (MALAGNINI *et al.*, 2012) and trophic activity on grapevines starts early in the budding process, resulting in necrotic spots on the leaflets and atrophy in the young shoots. In the most severe circumstances, early phylloptosis may arise from this type of attack. If the attack occurs later, chromatic changes may be observed, with redness or yellowing of the leaf flaps along the veins. Eggs, larvae, and adults of *E. carpini* frequently co-occur and form colonies on the underside of the leaves because of the large number of gen-

erations per growing season. Damage caused by yellow spider mites has historically been increased and recurrent for both reduction or deletion of its natural antagonists and the usage of chemicals and, presumably, sulfur, maybe not toxic but repellent to antagonists, which are commonly used as anti-downy mildew medication.

The quality and safety of agricultural yield are outcomes of different factors affecting the final products in pre-harvest, harvesting, and post-harvesting. Improvements of these aspects in agriculture have been pursued by selection of Biological Control Agents (BCAs), in these environments, and aided and supported by innovative technology and Artificial Intelligence (AI) tools, like developments in Machine Learning (ML): MESHRAM *et al.* (2021) offer detailed review of the most recent ML applications in agriculture to address issues in pre-harvest, harvesting, and post-harvesting. ML methods, including Random Forest algorithms, are being increasingly used in viticulture to track and control phytophagous mites, like spider mites, which can severely affect grapevine health and crop yield. By integrating advanced imaging technologies with ML algorithms, early and precise detection of mite infestations is made possible (ZHOU *et al.*, 2023). For example, a study on cucumbers showed that ML techniques could successfully identify spider mite infestations by analyzing hyperspectral data, achieving more than 80% accuracy even with a small set of wavelengths (MIA *et al.*, 2021).

Machine learning (ML) techniques, including Random Forest algorithms, have been increasingly applied to monitor and manage phytophagous mites, such as spider mites, which may significantly impact some crops and grapevine health and yield (MANDRAPA *et al.*, 2024). This contribution emphasized the even benefits of integrating Machine Learning and managed crop (vineyard) outcomes, over 20 years, modelling to raise forecast accuracy for agricultural monitoring applications. Here, a non-parametric machine learning technique, i.e., Random Forest (RF), is considered to quantify the variability of leaf area damage as affected by the abundance and

structure of populations of yellow spider mites, by vine cultivar and phenological stage (LIAW and WIENER, 2002). The most important factors that must be considered for improving yield accuracy in subsequent research are pest (yellow spider mite) density and intensity/phenology of damage (BREIMAN, 2001).

The development and use of data collected over 20 years in *E. carpini* control was adopted to significantly assist in the early identification and management of damage caused by *E. carpini*. To propose a possible model linking the damage with the presence, abundance, and distribution of tetranychid developmental stages, as well as other factors related to plant phenology and grapevine varieties, the data collected - exceeding 25,000 observations - were considered: data derived from long-term monitoring in the high-quality wine production areas of Montalcino, Val d'Orcia and, to a lesser extent, Chianti (Tuscany, Central Italy). Over half of the samples showed damage, and the extent and progression of this damage were associated with the population structure and abundance of *E. carpini*, being considered the sampling period, and the grape variety.

Overall, the entire period can be divided into two phases with two main objectives: 1) the identification of the most efficient phytoseiid in combating infestations and re-emergences of yellow spider mites; 2) the use of Machine Learning to identify the first significant evidence of *E. carpini* presence/infestation to adopt timely control strategies.

Table 1 shows the three phases into which the period is divided considering the activities in reference to the activity carried out and the intended purposes.

Selection of efficient phytoseiid

During the first period of the study (see Table 1), ten years of monitoring and experimentation aimed at re-establishing and strengthening populations of mite preda-

Table 1 – Breakdown of the research timeline by activities and main objectives.

Time	activity	perspectives
2004-2011	- Sampling of vine leaves infested with <i>E. carpini</i>. - Phytoseiid species selection based on control efficacy and cost. - Evaluation of phytoseiid establishment and suitability on vines.	- Achieve biological control of <i>E. carpini</i>. - Provide decision support for vineyard protection.
2009-2019	- Continued sampling of leaves with <i>E. carpini</i> and phytoseiids release. - Monitoring phytoseiid establishment and persistence (> 1yr) on vine plants.	- Achieve biological control of <i>E. carpini</i>. - Assess the effectiveness and cost of the adopted strategies.
2017-2024	- Sampling of leaves with <i>E. carpini</i> and with <i>K. aberrans</i> releases. - Long-term evaluation (> 3 yr) of phytoseiid presence/colonization in vineyards.	- Achieve biological control of <i>E. carpini</i>. - Understand environmental interactions over longer times.

Table 2 - Comparison of phytoseiid species: activities and main objectives.

Species	<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	<i>Typhlodromus</i> <i>exhilaratus</i> Ragusa	<i>Kampimodromus aberrans</i> (Oud.)
Distribution	Common in Mediterranean vineyards	Widespread species in Tuscan vineyards	Widespread in Italian grapevines
Origin/strain	Commercialized strain (Koppert)	Laboratory strain reared on <i>Quercus ilex</i> pollen as food	Wild overwintering specimens from NE Italy
Release mode	Every 2-3 weeks from blossom to end July	Every 2-3 weeks from blossom to end July	Single, late Winter
Density rate (ess/plant)	High=50-80 ess/plant on annual basis	High=80-130 ess/plant on annual basis	High, >90 ess/plant; Medium, 60-90 ess/pl; Low, 30-0 ess/pl; very low, <30 ess/vine
Pros and Cons	Commercialized, easy to distribute, may have limited persistence	Not commercialized, not adapt to be transferred, reared in laboratory	Not commercialized, donor branches to be inspected, easy to be transferred

tors, particularly phytoseiids, in vineyards to achieve biological control of the yellow spider mite. Data were collected from over 40 vineyards, each monitored for at least two years. The predominant grape variety examined was ‘Sangiovese’ (accounting for approximately 70% of the vineyards), followed by ‘Petit Verdot,’ ‘Cabernet Franc,’ and ‘Merlot.

Initial research focused on identifying the components and ecological interactions within the natural enemy community that influence spider mite populations in these vineyards. Preliminary results confirmed that multiple applications of sulfur for disease management, in combination to other factors (climatic and phytosanitary control factors), increased incidence and severity of spider mite infestations. This was primarily due to the negative impact of sulfur on phytoseiids functionality, inhibiting their effectiveness as biological control agents. The criteria and selected methods used to evaluate the efficiency of the three generalist phytoseiids are reported in Table 2.

During the first three years, the analysis focused on evaluating the effect of *E. carpini* density, year (2006/2007), variety (Sangiovese, Petit Verdot and other main varieties in the area), cost of phytoseiids’ rearing and maintenance (high, medium, low), management effectiveness, using the ratio tetranychid/phytoseiid ratio < 5.5) and long-term establishment of the released phytoseiids in the vineyard agroecosystem.

Among the three tested species, *Kampimodromus aberrans* consistently resulted the most effective (CASTAGNOLI *et al.*, 2009). It was the most persistent after release and showed strong association with *E. carpini* in the 88.4% of records where the pest was present. Importantly, the *E. carpini*/*K. aberrans* ratio remained below the 5.5 threshold.

By contrast, results showed that controlling yellow spider mites with *T. exhilaratus* and *N. californicus* was

more expensive and challenging, especially in terms of long-term establishment and pest suppression. On the contrary, *K. aberrans* successfully colonized the vineyards, efficiently reduced yellow spider mite infestations, and established a permanent presence in the years following its introduction, with some of the longest-running experiences lasting up to six years. Subsequent research allowed drawing guidelines on the extent, the adaptation and the persistence of *K. aberrans* to varying environmental conditions. In specific, its tolerance to some pesticides and bio insecticides was evaluated, as well as its susceptibility to cumulative effect of sulfur impact and the competitiveness with other phytoseiid species. These studies confirmed that *K. aberrans* is well-suited for long-term biological control in vineyards, especially under Mediterranean conditions, with successful colonization observed in several vineyards for periods exceeding six years.

USE OF MACHINE LEARNING TO IDENTIFY THE FIRST SIGNIFICANT EVIDENCE OF *E. CARPINI* DAMAGE/PRESENCE FOR CONTROL STRATEGY

Yellow spider infestations have become increasingly common in both conventional and organic vineyards, likely due to more favorable climate conditions compared to the past and to the extensive use of sulfur, widely applied in both Integrated Pest Management (IPM) and organic farming practices, with a strong repellent effect on phytoseiids. As remarked, in the vineyards’ area of Tuscany (Central Italy), there can be a crucial offset between the *E. carpini* presence/density and evidence for infestation detectable by imaging analysis. In terms of *E. carpini* infestation, it’s often difficult to correlate damage severity with the yellow spider mite density, typically because of ineffective or poorly timed control measures. The use of ML techniques in modern biology, especially for large-scale biological data analysis, is on the rise and

may help clarify these complex relationships. The Random Forest (RF) algorithm (BREIMAN, 2001) is a highly accurate classification tool, particularly effective for large datasets and for assessing the importance of various variables during model training. In this multiyear study, we utilize the RF method to investigate the relationship between *E. carpini* densities and damage recorded, considering factors like vine cultivar, phenology, predator presence as additional explanatory variables.

The dataset for this study was developed through long-term monitoring and the implementation of control strategies for the yellow spider mite in Montalcino, Val d'Orcia, and Chianti regions of Tuscany (Central Italy), covering different grape varieties in both “conventional” and “organic” vineyards (with over 25,000 observations collected over 13 years). The grapevine varieties sampled include Sangiovese, Cabernet, Merlot, Sauvignon, Petit Verdot,

The RF model that included damage classes 0 and 1 showed the highest predictive accuracy, correctly classifying 86.73% of the observations in the out-of-bag dataset (Fig. 1a). As additional damage classes were included, performance decreased, with the model incorporating all observations achieving the lowest accuracy (77% correct classifications). In Fig. 1b, it is shown that the most important variable in explaining the variability in leaf damage was the number of immature tetranychids, which led to an 88.4% reduction in accuracy.

This was followed by vine phenology (82%), and the presence of *E. carpini* adults (74.9%) and eggs (68%). Vine cultivar (65.2%) and the structure of the phytoseiid population (48.4% adults, 41.8% immatures, and 33% eggs) also contributed to explaining damage variability. These results emphasize the crucial role of *E. carpini* in causing early leaf damage (<20%) and the need for time-

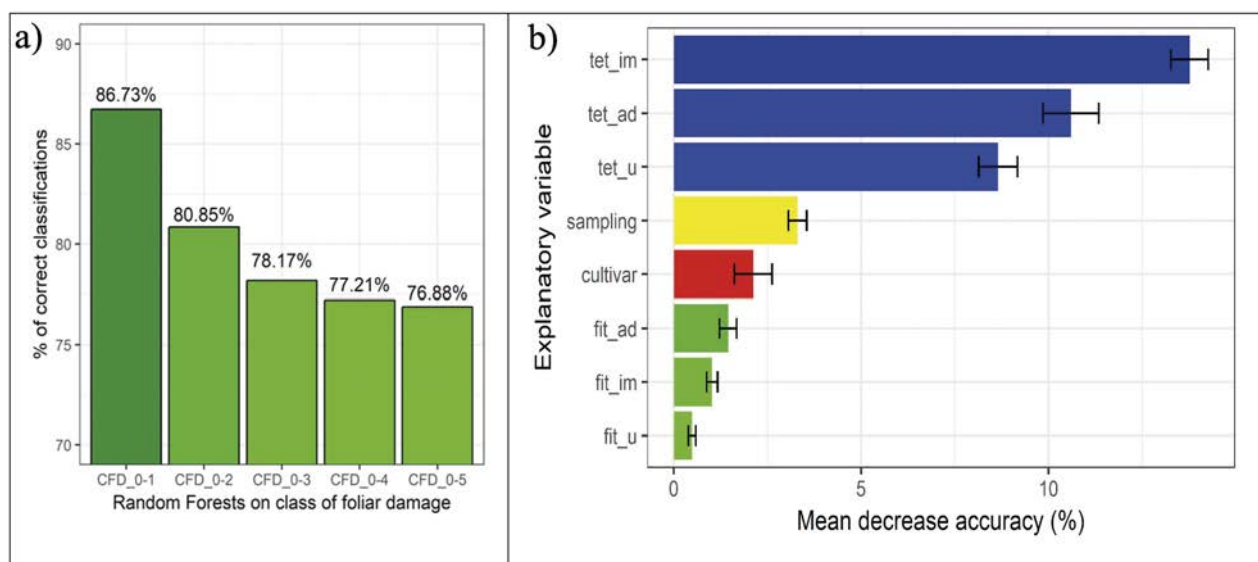


Fig. 1 - a): Predictive power of Random Forest algorithm adopted when considering observations referred to foliar damage (CFD, class foliar damage). b): Mean decrease accuracy is how much the model fit decreases when you drop a variable, the greater the drop the more significant the variable.

and Vermentino. Between 25 and 100 leaves were collected from each vineyard and analyzed in the laboratory for several factors: leaf area, the number of *E. carpini* (eggs, immatures, adults) per leaf, the number of phytoseiid mites (eggs, immatures, adults), leaf area, and the extent of damage. Damage levels were assessed using the method described by KONDO (2004), which measures the proportion of leaf area affected on a scale from 0 (no damage) to 5 (>80% damage), with increments of 20% per level. These data were then used to train five Random Forest (RF) algorithms, each applied to a subset of observations with varying damage levels. RF algorithms generate CART (Classification And Regression Trees) trees based on random samples of observations (with replacement) and use a random selection of explanatory variables to determine the best split at each regression tree node. All analyses were performed using R software, specifically the ‘random Forest’ package (LIAW and WIENER, 2002).

ly pest detection. Additionally, other foliar pathogens may exploit the damage caused by *E. carpini*, as the correlation between yellow spider infestations and damage weakens at higher levels of leaf infestation.

CONCLUSIONS/PERSPECTIVES

K. ABERRANS: AGRI-ENVIRONMENTAL RESISTANCE ABILITY

For a long time, some phytoseiid mite species are known to be effective predators of tetranychid and eriophyoid mites (Acari) in European vineyards, thanks also to their ability to survive and remain in the environment without prey by consuming pollen, fungus, or plant exudates (POZZEBON *et al.*, 2015). The use of selective insecticides and habitat management techniques favors *K. aberrans*, one of the most reported phytoseiid species in vineyards in the grape-growing region of Mediterranean area (TIRELLO *et al.*, 2013). The dataset acquired in this 20ys experience

emphasizes how sulfur applications, used to combat powdery mildew, did not result detrimental or harmful to the *K. aberrans* population, meaning there is no risk of triggering phytophagous mite outbreaks (TACOLI *et al.*, 2020). Generally, while sulfur and other natural substances can sometimes negatively impact natural enemies, IPM strategies require a careful evaluation of cultural practices, weighing both their positive and negative effects.

ML: PREDICTION AND FORECASTING

ML models, including Random Forest algorithms, have been developed to predict mite infestations based on environmental and plant-specific variables. A study on date palm mites utilized meteorological data and physicochemical properties of date fruits to predict mite counts, achieving an R^2 value of 0.921, indicating high predictive accuracy. Similarly, in grapevines, deep learning models have been applied to genomic data to predict pest resistance, aiding in the development of mite-resistant grapevine varieties. These results suggest the paramount importance of *E. carpini* in causing early leaf damage (<20%), and the need of its timely detection on the leaf. Other foliar pathogens could indeed exploit its wounds and colonize the host leaves, as the yellow spider mite correlation with damage is weaker at higher leaf infestations.

The integration of ML models into pest management strategies allows for more precise and timely interventions, reducing the reliance on chemical pesticides and promoting sustainable viticulture practices. By accurately predicting mite populations and identifying early signs of infestation, viticulturists can implement targeted control measures, thereby minimizing crop damage and preserving grape quality. In summary, the application of machine learning, particularly Random Forest algorithms, in viticulture offers promising avenues for the effective detection, prediction, and management of phytophagous mites, contributing to healthier grapevines and more sustainable vineyard practices.

REFERENCES

- BONATO O., COTTON D., KREITER S., GUTIERREZ J., 1990 – *Influence of temperature on the life-history parameters of the yellow grape-vine mite Eotetranychus carpini (Oudemans) (Acari: Tetranychidae)*. - International Journal of Acarology, 16(4): 241-245.
- BREIMAN L., 2001 - *Random forests*. - Mach Learn 45: 15-32.
- CASTAGNOLI M., LIGUORI M., SIMONI S., SABBATINI PEVERIERI G., GOGGIOLI D., GUIDI S., TARCHI F., 2009 - *Eotetranychus carpini: biological control experiments in Tuscan vineyards (Italy)*. - IOBC/WPRS Bull. 50: 1-7.
- DUSO C., FONTANA P., MALAGNINI V., 2004 - *Diversity and abundance of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in vineyards and the surrounding vegetation in north-eastern Italy*. - Acarologia, 44: 31-47.
- DUSO C., 1997 - *Distribution, biology and management of important phytophagous mites on temperate fruits in Italy*. - Redia, 80: 1-24.
- DUSO C., ANGELI G., CASTAGNOLI M., FACCHIN P., LIGUORI M., MALAGNINI V., POZZEBON A., 2007 - *Pesticides and Phytoseiid mites: a synopsis of research carried out on grapes, apples and vegetable in northern and central Italy*. In: Acarology XI. Proceeding of the International Congress, Morales-Malcaras J.B., Beham-Pelletier V., Ueckermann E., Perez T.M., Estrada-Venega E.G. & Badii M. (Eds.), Instituto de Biología Sociedad Latinoamericana de Acarología, A.C. Facultad de Ciencias, pp. 365-395.
- KONDO A., 2004 - *Colonizing characteristics of two phytoseiid mites, Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot and Neoseiulus womersleyi (Schicha) (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse grapevine and effects of their release on the kanzawa spider mite, Tetranychus kanzawai Kishida (Acari: Tetranychidae)*. - Appl. Entomol. Zool., 39(4): 643-649.
- LIAW A., WIENER M., 2002 - *Classification and Regression by Random Forest*. - R. news, 2: 18-22.
- MALAGNINI V., NAVAJAS M., MIGEON A., DUSO C., 2012 - *Differences between sympatric populations of Eotetranychus carpini collected from Vitis vinifera and Carpinus betulus: insights from host-switch experiments and molecular data*. - Exp. Appl. Acarol., 56(3): 209-219. doi: 10.1007/s10493-012-9511-7.
- MANDRAPA B., SPOHRER K., WUTKE D., RUTTENSBERGER U., DIECKHOFF C., MÜLLER J., 2024 - *Machine learning-based hyperspectral wavelength selection and classification of spider mite-infested cucumber leaves* - Experimental and Applied Acarology, 93: 627-644. doi - 10.1007/s10493-024-00953-0
- MESHRA V., PATIL K., MESHRA V., HANCHATE D., RAMKETEKE S.D., 2021 - *Machine learning in agriculture domain: A state-of-art survey*. - Artificial Intelligence in the Life Sciences, Vol. 1, 100010. doi.org/10.1016/j.ailsci.2021.100010.
- MIA J., KHADIZATUL S.M., TAKI S.S., BISWAS A.A., 2021 - *Cucumber disease recognition using machine learning and transfer learning*. - Bulletin of Electrical Engineering and Informatic, url={https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245004268}.
- MIGEON A., DORKELD F., 2025 - *Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae*. - Available from <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb> (Accessed 08/01/2025)
- MIGEON A., NOUGUIER E., DORKELD F., 2010 - *Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae*. - In: Trends in Acarology, Sabelis M. & Bruin J. Eds, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 557-560.
- POZZEBON A., TIRELLO P., MORET R., PEDERIVA M., DUSO C., 2015 - *A fundamental step in IPM on grapevine: Evaluating the side effects of pesticides on predatory mites*. - Insects, 6: 847-857.
- SIMONI S., TARCHI F., GUIDI S., GAGNARLI E., GOGGIOLI D., BOUNEB M., 2014 - *Relazione fra densità di ragnetto giallo e danno registrato in vigneti toscani*. - Atti Giornate Fitopatologiche 2014: 461-466.
- SIMONI S., CASTAGNOLI M., 2007 - *The effect of varieties and*

- agronomic practices on acarine populations in Italian vineyards*. - IOBC/WPRS Bulletin, 30(5): 95-100.
- TACOLI F., CARGNUS E., ZANDIGIACOMO P., PAVAN F., 2020 - *Side Effects of Sulfur Dust on the European Grapevine Moth Lobesia botrana and the Predatory Mite Kampimodromus aberrans in Vineyards*. – Insects, 11, 825. <https://doi.org/10.3390/insects11110825>
- TIRELLO P., POZZEBON A., DUSO C., 2013 - *The effect of insecticides on the non-target predatory mite Kampimodromus aberrans: Laboratory studies*. – Chemosphere, 93: 1139-1144.
- VAN DER GOOT T., 1914 - *Acarology of European Vineyards*. - Bulletin of the International Society of Vine and Wine, 25: 231-234.
- ZHOU C., LEE W.S., LIBURD O.E., AYGUN I., ZHOU X., POURREZA A., SCHUELLER J.K., AMPATZIDIS Y., 2023 - *Detecting Two-Spotted Spider Mites and Predatory Mites in Strawberry Using Deep Learning*. - Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4374374> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4374374>

SEDUTA PUBBLICA, CONEGLIANO, 18 OTTOBRE 2024

Tavola Rotonda su:

GLI PSEUDOCOCCIDI DELLA VITE: RECENTI ACQUISIZIONI SU BIO-ECOLOGIA, COMPORTAMENTO E CONTROLLO

Coordinatori:

ACCADEMICI CARLO DUSO E HARALABOS TSOLAKIS

CONTROLS FOR VINE MEALYBUG DURING A PERIOD OF SHRINKING INSECTICIDE OPTIONS

KENT M. DAANE^{a,*} - NATHAN MERCER^b - DAVID HAVILAND^c - JAMES BROWN^a - MICHAEL LOPEZ^a

^a Department of Environmental Science, Policy, and Management, University of California Berkeley, Berkeley, CA 94720-3114, USA

^b Biological Control Unit, California Department of Food and Agriculture, Sacramento, California.

^c University of California Cooperative Extension, Kern County, 1031 South Mount Vernon, Bakersfield, CA 93307

* Corresponding Author: kmdaane@berkeley.edu

Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bioecologia, comportamento e controllo”. Seduta pubblica dell’Accademia, Conegliano, 18 ottobre 2024.

KEY WORDS: *Planococcus*, Integrated Pest Management, Mating Disruption, Biological Controls.

Vine mealybug, *Planococcus ficus*, is a serious pest of vineyards globally, with populations believed to originate from the Mediterranean region of Europe, the Middle East and northern Africa – and the US and Mexican infestations closely related to populations in Israel and Egypt (DAANE *et al.*, 2018b). Vine mealybug is one of at least eight invasive mealybug species that are pests in California vineyards and orchards, with only the grape mealybug, *Pseudococcus maritimus*, considered to be native to North America. All mealybug species in vineyards are phloem feeders and, at high densities, can stress vine vigor and taint grape berries with honeydew and sooty mold that develops on the honeydew. Of more concern is the ability of all mealybug species tested to vector the major viruses that cause grape leafroll disease (ALMEIDA *et al.*, 2013, CABALEIRO *et al.*, 2022). These grape leafroll-associated viruses (GLRaV) can greatly delay or even inhibit berry development, reduce yield and lower wine quality. Some studies suggest GLRaVs can cost growers up to \$80,000 per acre in damage and control costs, depending on vineyard region and market. The vine mealybug, in particular, has proven difficult to eradicate from vineyards – it can be killed but not eradicated. There is often a portion of the mealybug population that survives post-harvest under the bark of the trunk or canes, or residing on the roots (GUTIERREZ *et al.*, 2008), and in following years it can reproduce rapidly if repeated control measures are not in place. Here, we briefly discuss different control options that can be used to develop a more sustainable management program, as well as the advantages of an areawide control program where vineyard managers on adjoining properties work together to regionally control this invasive pest.

MONITORING

There are no simple and effective methods to visually monitor vineyard mealybugs, and the process itself can be time-consuming and laborious (GEIGER and DAANE, 2001). In most vineyards, signals of an infested vine can be used to aid the sampling program. First, ants are tend-

ing the mealybugs for honeydew and their presence is a good indication of pest presence. Honeydew and sooty molds are another signal that a damaging mealybug population may be present; a large population hidden under the bark will excrete enough honeydew that the infested trunk region will have a darker, wet appearance. Near harvest time, berry clusters in direct contact with the spurs or trunk are more likely to be infested and by selecting these clusters a higher mealybug count is made. For vine mealybug, sticky traps baited with a sex pheromone lure can trap the adult winged males (MILLAR *et al.*, 2002). The counts are not always directly correlated with low or high mealybug densities, and traps are not as effective in vineyards with mating disruption, but a general rule is that captures of >20 males per week indicate a threatening mealybug population in or near the monitored block.

PESTICIDES

Pesticides remain the primary control tool for vine mealybug. However, vineyard manager options are diminishing as some of the current insecticides are being phased out due to either changes with European Union maximum residue levels or U.S. state restrictions that have eliminated (e.g. methomyl, chlorpyrifos) or restricted (e.g., neonicotinoids) materials. As an example, in the 1990s the recommended insecticide program was a delayed-dormant organophosphate insecticide and in-season application(s) of a short-residual organophosphate or carbamate – these options are now gone. Today, more novel materials are used and include neonicotinoids, butenolides, insect growth regulators, and lipid biosynthesis inhibitors (e.g., spirotetramat). Most managers rely on spirotetramat (Movento®) as a base material and add other products as needed.

There are also many organic-approved pesticide options, which commonly include soap-, oil-, neem-, botanical- or diatomaceous earth-based products (WALTON and PRINGLE, 2001, DAANE *et al.*, 2006, CAMPOS *et al.*, 2016, MANSOUR *et al.*, 2018). Generally, these products have a short residual, are more labor- and fuel-intensive since they must be ap-

plied more frequently than conventional (synthetic) insecticides, and are more effective against the small mealybug stages. Remember also that even though products are organic, they can be broad spectrum and this must be considered if used in combination with the release of natural enemies.

For both conventional and organic materials, mealybugs located under the bark or on the roots are often very difficult to kill. There is a good deal of discussion on how best to use these materials, from application rates to product combinations; however, the efficacy of all these materials, especially those with systemic properties, can depend on the vineyard age, commodity, location, soil type, irrigation amounts, and the like. Efficacy can also vary not only among vineyards but also within a vineyard depending on the mealybug location on the vine or the vine condition (especially for systemic materials). For this reason, the vineyard manager or Pest Control Advisor (PCA) has a better understanding of the best product(s) to use than any general statement here about material efficacy. For updated information on registered materials, see the UC IPM Grape Pest Management Guidelines (www.ipm.ucdavis.edu/PMG/).

When considering mealybug controls, vineyard managers also need to consider ant controls (DAANE *et al.*, 2007, COOPER *et al.*, 2008). Ant species vary among vineyard regions, and include the Argentine ant (*Linepithema humile*) that is commonly found in coastal vineyards; in San Joaquin Valley vineyards, the native gray ant (*Formica aerata* Francoeur) and pyramid ant (*Dorymyrmex* sp.) can be common. All these ants tend vineyard mealybugs for their honeydew, some species more aggressively than others. The mutualistic association has clear benefits for the ants, which are provided with a carbohydrate food source, and ant-tending has been credited with protecting mealybugs from natural enemies as well as “cleaning up around the mealybug habitat.”

Historically, ants were controlled using materials such as chlorpyrifos, which had a knock down impact on the ant foragers. Ant baits were developed for the urban environment, where a tiny amount of insecticide was mixed with either a protein or sugar bait and the bait-insecticide was taken down to the ant nest and fed to the developing brood, providing longer term control than killing only the foraging ants above ground (NELSON and DAANE, 2007, DAANE *et al.*, 2008a, MERCER *et al.*, 2025).

For vineyard and orchard crops, novel bait materials are being developed to control ants, with research teams led by UC Cooperative Extension Advisors David Haviland (citrus and vineyards) and Monica Cooper (vineyards) and UC Riverside Specialist Mark Hoddle (subtropical fruits). They have identified active ingredients that are effective, determined the concentrations at which each should be used, and established guidelines for the per-acre volumes that should be applied using either alginate or polyacrylamide hydrogels. Their focus in 2025 will be to shepherd the active ingredients and hydrogel technologies through the regulatory process. This requires the approval of a supplemental label for each of the active ingredients (thiamethoxam and spinosad), and either labels or exemptions for each type of hydrogel.

Natural enemies play a key role in regulating vine mealybug and can be found in most infested vineyards (DAANE *et al.*, 2018a). Parasitoids may be the most important natural enemy at lower mealybug densities, with their presence often evidenced by the “mummified” (appearing bloated and dry) mealybugs that enclose the developing parasitoid, which will emerge as an adult by chewing an exit hole through the mummified mealybug (or “mummy”). Parasitization levels range widely among regions and vineyards, but can be as high as 90% of exposed vine mealybug.

Anagyrus pseudococci and *A. valdimiri* are very closely related parasitoids – or wasps in the Encyrtidae family (TRIAPITSYN *et al.*, 2007). In fact, they were considered to be the same species only a few years ago. These two *Anagyrus* wasps are the most common in California. Efforts to find and import vine mealybug parasitoids found that these species (referred to as *A. pseudococci*) were the most important vine mealybug parasitoids in Israel, Egypt, Europe, Argentina, and South Africa.

There are some issues that decrease this parasitoid’s effectiveness. First, it appears that *A. pseudococci* has an overwintering requirement that reduces its presence and effectiveness early in the season by delaying the period when it emerges (DAANE *et al.*, 2004). This means that the vine mealybugs may emerge before the parasitoid. Second, the parasitoid’s behavior of “sizing up” the host before oviposition, or laying of the wasp egg inside the female vine mealybug, reduces its effectiveness against mealybugs in protected locations, such as under the bark on the trunk or cordons. Other parasitoid species in California include the encyrtid wasps *Leptomastidea abnormis*, *Leptomastix dactylopii*, and *Coccidoxenoides peregrinus* – however, together these will account for <10% of the parasitoids attacking vine mealybug in most vineyards.

There are also a number of predators that help suppress mealybugs, with the most famous being the lady beetle commonly called the “mealybug destroyer” (*Cryptolaemus montrouzieri*), imported from Australia in 1892 to help control mealybugs on citrus (DAANE *et al.*, 2008b). Although a voracious predator, mealybug destroyer populations often drop sharply during the winter in California’s cooler vineyard regions. Mealybug destroyer larvae have waxlike filaments similar to those of the mealybugs, creating a natural “camouflage” which allows beetle larvae to feed among mealybugs without too much disturbance from the mealybug-tending ants.

Other lady beetles closely associated with vineyard mealybugs include the resident *Scymnus*, *Nephus* and *Hyperaspis* species. Larvae of these lady beetles are also covered with wax. They are often mistaken for the mealybug destroyer and in some vineyards, these native species are more common than the mealybug destroyer on mealybug-infested vines. Basically, these beetles are better at killing the mealybug located under the bark, compared to the parasitoids, but are more common at higher mealybug densities where patches of mealybugs

can be found to place the beetle egg into or nearby.

Other natural enemies include a number of midge species (i.e., predaceous flies in the family Cecidomyiidae), green and brown lacewings, minute pirate bugs (*Orius* spp.), damsel bugs, ladybird beetles (e.g., *Hippodamia convergens*), bigeyed bugs, and European earwigs. Predaceous mites have been observed feeding on mealybug eggs and crawlers in the laboratory, but little is known about their impact in vineyards. Some of these natural enemies can be purchased for release (e.g., *Anagyrus*, mealybug destroyer and green lacewings). Current studies are investigating natural enemy release using drones compared with hand release. All of these natural enemies are commonly in the vineyard and killing mealybugs, but they generally are in lower numbers, and killing a lower percentage of the pest population, in vineyards with conventional pesticide use and generally low mealybug densities. Natural enemies are most commonly used in organic vineyards as an addition with other sustainable control tools.

MATING DISRUPTION

Adult female mealybugs produce a sex pheromone that is emitted from pores on their hind tibia (the base section of the back leg), and the winged adult male mealybugs follow the odor plume to the females to mate. Mating disruption uses this behavior to prevent males from finding females and successfully mating (MANSOUR *et al.*, 2017, COCCO *et al.*, 2018, LUCCHI *et al.*, 2019, DAANE *et al.*, 2021, MERCER *et al.*, 2025). This is accomplished by applying synthetic sex pheromone to the treated field in amounts that are millions of times greater than that produced naturally by the insects. Adult males are small, fragile and short-lived, and may either spend their energy trying to mate with the false pheromone or be unable to locate mealybug females because the true sex pheromone plume is hidden in a fog of synthetic sex pheromone.

The pheromone can be delivered in a number of different ways – through passive dispersal devices (e.g. Sutterra’s Celada vapor dispenser and Checkmate dispenser, or Pacific BioControl’s isomate rope), sprayable formulations (e.g., Sutterra’s Checkmate sprayable) or aerosol devices (e.g. Semios pheromone dispenser). Semiochemical industries are also working on improving dispensers, such as Tréce’s Cidetrak meso dispenser, which may be available in the future. Each of the delivery options has pros and cons, such as how long they emit the pheromone or the cost of deployment with respect to application rates. Most importantly is that all products that have been UC-tested have reduced vine mealybug density. Also very exciting is the potential for a grape mealybug mating disruption product to be commercially available over the next few years.

Generally, the lower the mealybug density, the better mating disruption works, or to say this differently, mating disruption will not work well in a heavily-infested vineyard, where the pest density is high enough to cause crop damage or be a pest as a vector of GLRaVs. Mostly likely, in a heavily-infested vineyard the mealybug pop-

ulation is often clumped together on infested vines and adult males often need to travel only a short distance to find females. For this reason, mating disruption, at least initially, should be combined with a good pesticide program. Moreover, when to use mating disruption or pesticides, and the “dose” of each to apply does depend on mealybug density, with more reliance on pesticides when the pest population is higher.

Another generality is that mating disruption has a greater impact with consecutive years of pheromone deployment. Finally, mating disruption tends to work better when applied over a larger area (IORIATTI *et al.*, 2011, HOGG *et al.*, 2021). This is, in part, due to wind moving the pheromone plume such that in a small block (less than 5 ha) there may be as much of an impact downwind in the neighboring block. Mating disruption has the added benefit of being readily incorporated into existing IPM programs as it complements insecticide programs and potentially has positive effects on vine mealybug parasitism by *Anagyrus* or at worst, little effect on parasitism levels.

AREAWIDE MANAGEMENT

Vine mealybug populations tend to be clumped and localized within individual vineyards due to the inability of females to fly. However, human-assisted regional and long-distance movement is common due to “hitchhiking” on equipment or field crews, and can be facilitated by birds or the wind. For these reasons, efforts towards areawide pest management are crucial. The conventional approach has been to treat individual vineyards before an economically damaging pest infestation develops. Maintaining low populations is easier than putting out a fire, and vineyards with low populations pose minimal risks to their neighbors. When these management tactics are applied over many vineyards, adjacent farms, or whole regions, all vineyards receive a mutual benefit. This is especially true for management tactics that work best on large scale, such as mating disruption and the release of natural enemies. This approach was used successfully in Europe for the European grapevine moth, and following the first detection of this pest in North America, areawide mating disruption became an important component of the management and eradication strategy, in conjunction with insecticides.

When considering vine mealybug not simply as a direct pest but as a vector of grape leafroll disease, rogueing GLRaV-infected vines becomes an important component of the areawide approach. This has been used successfully in New Zealand, South Africa, New York and Napa County. It is costly and, for this reason, is not employed in all regions, but should be considered as part of an areawide approach for leafroll. Areawide management is fully compatible with, and complementary to sustainable controls mentioned previously: biological controls, target-specific insecticides, pheromones, and other sustainable management tactics. The areawide approach has been successfully used in Napa County for suppression of vine mealybug and grape leafroll disease and is being tested on the Central Coast and in Lodi regions as well.

An advantage of the areawide approach is that suppression across a broad area may result in reduced reinfestation by immigration from unmanaged areas, and the pest management tactics employed may be more effective, particularly sustainable tactics, when applied at scale.

Another advantage of an areawide approach is the increased communication among neighboring vineyard managers. Identifying areas with mealybugs or leaf-roll-infected vines provides needed information on where best to apply suppression tactics, especially if there are budget or regulatory restrictions on control tools that can be employed. Moreover, discussion among managers on what control tactics work best can help with pesticide material and application timing decisions. Coordinated pesticide application might also reduce pesticide resistance by rotating pesticide materials over a larger region.

CONCLUSION

Vine mealybug is a complicated pest, and preventing contaminated clusters and the spread of grape leafroll disease requires an integrated approach to management. Initially, insecticides play a critical role, with biological control and mating disruption providing more sustainable and longer-term solutions. Future improvements are expected as baiting systems for ants become commercially available, and as growers work together to implement management strategies on a regional and areawide scale.

REFERENCES

- ALMEIDA R.P.P., DAANE K.M., BELL V. A., BLAISDELL G.A., COOPER M.L., HERRBACH E., PIETERSEN G., 2013 - *Ecology and management of grapevine leafroll disease*. - *Frontiers in Microbiology: Virology* 4: doi: 10.3389/fmicb.2013.00094.
- CABALEIRO C., PESQUEIRA A.M., SEGURA A., 2022 - *Planococcus ficus and the spread of grapevine leafroll disease in vineyards: a 30-year-long case study in north-West Spain*. - *Eur. J. Plant Pathol.*, 163: 733-747.
- CAMPOS E.V.R., DE OLIVEIRA J. L., PASCOLI M., DE LIMA R., FRACETO L. F., 2016 - *Neem oil and crop protection: from now to the future*. - *Frontiers in Plant Science*, 7.
- COCCO A., MUSCAS E., MURA A., IODICE A., SAVINO F., LENTINI A., 2018 - *Influence of mating disruption on the reproductive biology of the vine mealybug, Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae), under field conditions*. - *Pest Manag. Sci.*, 74: 2806-2816.
- COOPER M.L., DAANE K.M., NELSON E.H., VARELA L.G., BATTANY M.C., TSUTSUI N.D., RUST M.K., 2008 - *Liquid baits control Argentine ants sustainably in coastal vineyards*. - *Calif. Agric.*, 62: 177-183.
- DAANE K.M., MALAKAR-KUENEN R.D., WALTON V.M., 2004 - *Temperature-dependent development of Anagyrus pseudococci (Hymenoptera : Encyrtidae) as a parasitoid of the vine mealybug, Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae)*. - *Biol. Control*, 31: 123-132.
- DAANE K.M., SIME K.R., FALLON J., COOPER M.L., 2007 - *Impacts of Argentine ants on mealybugs and their natural enemies in California's coastal vineyards*. - *Ecol. Entomol.*, 32: 583-596.
- DAANE K.M., VINCENT C., ISAACS R., IORIATTI C., 2018° - *Entomological opportunities and challenges for sustainable viticulture in a global market*. - *Annu. Rev. Entomol.*, 63: 193-214.
- DAANE K.M., COOPER M.L., SIME K.R., NELSON E.H., BATTANY M.C., RUST M.K., 2008a - *Testing baits to control Argentine ants (Hymenoptera : Formicidae) in vineyards*. - *J. Econ. Entomol.*, 101: 699-709.
- DAANE K.M., BENTLEY W.J., WALTON V.M., MALAKAR-KUENEN R., MILLAR J.G., INGELS C.A., WEBER E.A., GISPERT C., 2006 - *New controls investigated for vine mealybug*. - *Calif. Agric.*, 60: 31-38.
- DAANE K.M., COOPER M.L., TRIAPITSYN S.V., WALTON V.M., YOKOTA G.Y., HAVILAND D.R., BENTLEY W.J., GODFREY K.E., WUNDERLICH L.R., 2008b - *Vineyard managers and researchers seek sustainable solutions for mealybugs, a changing pest complex*. - *Calif. Agric.*, 62: 167-176.
- DAANE K.M., MIDDLETON M.C., SFORZA R.F.H., KAMPS-HUGHES N., WATSON G.W., ALMEIDA R.P.P., CORREA M.C.G., DOWNIE D.A., WALTON V.M., 2018b - *Determining the geographic origin of invasive populations of the mealybug Planococcus ficus based on molecular genetic analysis*. - *Plos One*, 13.
- DAANE K.M., COOPER M.L., MERCER N.H., HOGG B.N., YOKOTA G.Y., HAVILAND D.R., WELTER S.C., CAVE F.E., SIAL A.A., BOYD E.A., 2021 - *Pheromone deployment strategies for mating disruption of a vineyard mealybug*. - *J. Econ. Entomol.*, 114: 2439-2451.
- GEIGER C.A., DAANE K.M., 2001 - *Seasonal movement and distribution of the grape mealybug (Homoptera: Pseudococcidae): Developing a sampling program for San Joaquin Valley vineyards*. - *J. Econ. Entomol.*, 94: 291-301.
- GUTIERREZ A.P., DAANE K.M., PONTI L., WALTON V.M., ELLIS C.K., 2008 - *Prospective evaluation of the biological control of vine mealybug: refuge effects and climate*. - *J. Appl. Ecol.*, 45: 524-536.
- HOGG B.N., COOPER M.L., DAANE K.M., 2021 - *Areawide mating disruption for vine mealybug in California vineyards*. - *Crop Prot.*, 148.
- IORIATTI C., ANFORA G., TASIN M., DE CRISTOFARO A., WITZGALL P., LUCCHI A., 2011 - *Chemical ecology and management of Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae)*. - *J. Econ. Entomol.*, 104: 1125-1137.
- LUCCHI A., P. SUMA P., LADURNER E., IODICE A., SAVINO F., RICCIARDI R., COSCI F., MARCHESINI E., CONTE G., BENELLI G., 2019 - *Managing the vine mealybug, Planococcus ficus, through pheromone-mediated mating disruption*. - *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 10708-10718.
- MANSOUR R., GRISSA-LEBDI K., KHEMAKHEM M., CHAARI I., TRABELSI I., SABRI A., MARTI S., 2017 - *Pheromone-mediated mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in Tunisian vine-*

- yards: *Effect on insect population dynamics*. – *Biologia*, 72: 333-341.
- MANSOUR R., BELZUNCES L.P., SUMA P., ZAPPALA L., MAZZEO G., GRISSA-LEBDI K., RUSSO A., BIONDI A., 2018 - *Vine and citrus mealybug pest control based on synthetic chemicals. A review*. – *Agron. Sustain. Dev.*, 38.
- MERCER N.H., HAVILAND D.R., DAANE K.M., 2025 - *Mealybug, Planococcus ficus, reduction through pavement ant, Tetramorium immigrans, management using polyacrylamide hydrogel baits in vineyards*. – *Crop Prot.*, 190: 107078.
- MILLAR J.G., DAANE K.M., McELFRESH J.S., MOREIRA J.A., MALAKAR-KUENEN R., GUILLEN M., BENTLEY W.J., 2002 - *Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. – *J. Econ. Entomol.*, 95: 706-714.
- NELSON E.H., DAANE K.M., 2007 - *Improving liquid bait programs for Argentine ant control: Bait station density*. – *Environ. Entomol.*, 36: 1475-1484.
- TRIAPITSYN S.V., GONZALEZ D., VICKERMAN D.B., NOYES J.S., WHITE E.B., 2007. *Morphological, biological, and molecular comparisons among the different geographical populations of Anagyrus pseudococci (Hymenoptera : Encyrtidae), parasitoids of Planococcus spp. (Hemiptera : Pseudococcidae), with notes on Anagyrus daetylopii*. – *Biol. Control*, 41: 14-24.
- WALTON V.M., PRINGLE K.L., 2001 - *Effects of pesticides and fungicides used on grapevines on the mealybug predatory beetle Nephus 'boschianus' (Coccinellidae, Scymnini)*. – *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 22: 107-110.

PLANOCOCCUS FICUS E GLI ALTRI PSEUDOCOCCIDI DELLA VITE IN ITALIA

GIUSEPPINA PELLIZZARI^a - AGATINO RUSSO^b

^a Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse Naturali, Animali e Ambiente, Università degli Studi di Padova

^b Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università degli Studi di Catania

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo”. Seduta pubblica dell’Accademia, Conegliano, 18 ottobre 2024.

Planococcus ficus and other grapevine mealybugs in Italy

The authors report a brief review of mealybugs (Hemiptera, Pseudococcidae) species present on grapevine in Italy, namely, *Heliooccus bohemicus*, *Planococcus citri*, *Planococcus ficus*, *Pseudococcus comstocki* and *Pseudococcus longispinus*. Emphasis is given to the biology of *P. ficus*, and its systematic position.

KEY WORDS: distribution, biology, natural enemies, damages.

La composizione della coccidofauna infestata alla vite in Italia risulta ampia ed articolata (DALLA MONTÀ *et al.*, 2001) data l’ampiezza delle superfici viticole, le diversità ambientali e pedoclimatiche, le numerose forme di allevamento e la moltitudine di cultivar presenti sul territorio nazionale. Il crescente interesse dei consumatori e dei mercati per le produzioni vitivinicole hanno reso necessario il conseguimento di produzioni di qualità, rispetto al quale gli pseudococcidi sono spesso un fattore limitante. Tali cocciniglie non sono dannose solo per la sottrazione di linfa, con la produzione di melata e imbrattamento dei grappoli e delle piante ma anche con la trasmissione di pericolosi ed esiziali virus. Purtroppo negli ultimi anni l’aumento delle concimazioni per favorire l’incremento delle rese unitarie, la riduzione delle molecole insetticida disponibili e i cambiamenti climatici hanno ulteriormente acuito i problemi connessi alla loro presenza.

Viene di seguito riportata una breve trattazione degli pseudococcidi dannosi alla vite in Italia.

HELIOCOCCUS BOHEMICUS SULC – ELIOCOCCO DELLA VITE

È una specie eurasiatica, diffusa in quasi tutti i paesi europei. In Italia è presente soprattutto nei vigneti di Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna (CAMPORESE, 1994). La femmina adulta, giallastra, lunga all’incirca 3-4 mm, è ricoperta di cera bianca polverulenta. Dal dorso si dipartono sottilissimi raggi cerosi eretti, lunghi più del corpo della femmina stessa. Questo carattere permette di distinguere *H. bohemicus* da altri pseudococcidi presenti sulla vite.

H. bohemicus vive su numerose specie sia erbacee che arboree ma risulta occasionalmente dannoso solo alla vite nel nord Italia, dove compie due generazioni annuali (CAMPORESE, 1994). Lo svernamento è sostenuto da stadi giovanili riparati sotto il ritidoma della vite. Tra fine marzo e aprile compaiono gli adulti dei due sessi e avvengono gli accoppiamenti. Le femmine adulte, attive fino a giugno, sono ovovivipare e depongono uova, che schiudono subito, sotto il loro corpo, senza formare ovi-

sacchi. Questa caratteristica, oltre alla presenza dei sottili raggi cerosi dorsali, permette di distinguere questa specie dagli altri pseudococcidi della vite che ovidepongono in vistosi ovisacchi cerosi bianchi. Poche ore dopo la nascita le neanidi neonate si disperdono sulla vegetazione, e si fissano sui germogli e sulla pagina inferiore delle foglie. Gli adulti della seconda generazione si osservano da metà luglio a metà settembre, con un picco numerico in agosto. Le neanidi di questa seconda generazione colonizzano prevalentemente i grappoli, ove avviene l’ovideposizione. In ottobre le neanidi abbandonano la vegetazione e cercano un riparo tra le anfrattuosità del legno per svernare.

Le femmine di *H. bohemicus* vengono parassitizzate da *Leptomastidea bifasciata* (Mayr), *Leptomastix histrio* Mayr e *Erycidnus* sp. (Imenotteri Encirtidi). È stata osservata anche la predazione da parte di Coccinellidi del gen. *Scymnus*. Nei vigneti francesi, oltre ai coccinellidi *Exochomus quadripustulatus* (L.), *Hyppodamia variegata* Goeze, *Harmonia axyridis* Pallas, etc. sono segnalati i parassitoidi Encirtidi *Erycidnus sipylus* Walker e *Anagyrus szodensis* Erdos (SENTENAC *et al.*, 2011).

Sulla vite i danni diretti appaiono occasionali e limitati, anche a causa della scarsa emissione di melata. La specie è invece pericolosa per l’accertata capacità di trasmettere alla vite il virus Grapevine virus A (GVA) e i Grapevine leafroll-associated virus GLRaV-1 e GLRaV-3 responsabili dell’accartocciamento fogliare della vite (BERTIN *et al.*, 2016).

PLANOCOCCUS CITRI (RISSO) - COTONELLO DEGLI AGRUMI

Questa specie è probabilmente originaria della Cina, ma grazie all’intenso commercio internazionale di piante, è ormai presente in tutte le regioni zoogeografiche temperate e tropicali. Alle latitudini più elevate, la specie si rinviene in ambiente protetto. Il cotonello degli agrumi è una specie ampiamente polifaga e può infestare sia fruttiferi, in particolare i *Citrus*, che numerose piante ornamentali (GARCIA MORALES *et al.*, 2016). La specie, nota su vite in

Italia, crea occasionali infestazioni in Sicilia (MAROTTA, 1987; MANSOUR *et al.*, 2017). La femmina adulta ha corpo ovale, lungo sino a 4 mm, largo circa 2,5 mm, di colore rosso aranciato, ma coperto di bianca cera farinosa. Lungo il margine del corpo sono visibili 18 paia di brevi raggi cerosi con il paio caudale appena più lungo degli altri.

Di norma la riproduzione è di tipo sessuale e la specie è ovipara. La femmina depone entro un ovisacco fioccoso 300-600 uova. Le neanidi femminili divengono adulte in 20-30 giorni dalla schiusura dell'uovo. Lo sviluppo dei maschi si completa in circa 16-17 giorni.

Sono circa 150 le specie di entomofagi associate a *P. citri*. In Italia tra i predatori, oltre ai neurotteri del genere *Sympherobius*, si ricordano i ditteri *Leucopomya* spp. (Chamaemiidae) e *Dicrodiplosis pseudococci* (Felt) (Cecidomyiidae), e diversi coccinellidi del genere *Scymnus*. L'impiego di *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, in grado di predare i diversi stadi dello pseudococcide dà ottimi risultati. Tra i parassitoidi, sono efficaci gli imenotteri encirtidi indigeni *Anagyrus pseudococci* (Girault) e *Leptomastidea abnormis* (Girault) e l'esotico *Leptomastix dactylopii* Howard.

I danni di *P. citri* su vite sono simili a quelli di *P. ficus* con cui talora coesiste. Quelli diretti sono legati alla sottrazione di linfa con deperimenti e caduta anticipata delle foglie. Sui grappoli si sviluppano fumaggini che nel caso di uva da tavola ne deprezzano il valore. Inoltre, questa specie può risultare vettore dei closterovirus GLRaV-1 e GLRaV-3p.

PLANOCOCCUS FICUS (SIGNORET, 1875)
COCCINIGLIA BIANCA FARINOSA DELLA VITE

È la cocciniglia economicamente più importante tra le specie infestanti la vite, sia da vino che da tavola, in tutto il mondo. È largamente diffusa nei paesi mediterranei ed è segnalata anche nei vigneti della California, del Sudamerica e del Sudafrica. In Italia è presente in tutte le aree vitivinicole del territorio (DUSO, 1990). La femmina ha corpo ovale, lungo in media 5-6 mm, tegumento rosa mascherato da cera bianca polverulenta e 17 paia di brevi raggi cerosi sul margine, di cui l'ultimo paio più lungo. Le uova vengono deposte entro ovisacchi cerosi di aspetto cotonoso.

Nel nord Italia la specie completa 3 generazioni annuali, che arrivano a 4-5 al centro-Sud. Svernano in prevalenza le femmine fecondate, assieme a poche neanidi, riparate sotto il ritidoma del tronco della vite, delle branche o anche nel terreno attorno al ceppo, fino a circa 20 cm di profondità. A fine aprile, nei siti di svernamento, le femmine iniziano ad ovideporre alcune centinaia di uova. Da metà aprile a maggio, le neanidi neonate abbandonano il legno e colonizzano dapprima i germogli e successivamente la pagina inferiore delle foglie, formando aggregazioni. La prima generazione si completa in giugno e le femmine fecondate di questa generazione tornano sul legno (tronco, branche) dove ovidepongono. Le neanidi della seconda generazione, che si sviluppano in luglio-agosto, reimmigrano sulla vegetazione, invadono

tralci e foglie e successivamente si insediano sul grappolo. In questa posizione, che offre una elevata protezione, in particolare nelle cultivar a grappolo chiuso, viene raggiunta la maturità e si avvia la terza e ultima generazione (agosto - settembre). Le femmine adulte di quest'ultima generazione, presenti da settembre in poi, dopo l'accoppiamento, si sposteranno sulle parti legnose dove avverrà lo svernamento. Il ciclo di questa specie è quindi caratterizzato dagli spostamenti delle femmine fecondate dalle foglie al legno per ovideporre e delle neanidi neonate dal legno alle parti verdi.

Sono numerosi i predatori generalisti che contribuiscono al controllo di *P. ficus*: Neurotteri Crisopidi (*Chrysoperla carnea* (Stephens), *Mallada prasinus* (Burmeister)), Ditteri Camemiidi (*Leucopis* sp.), Coleotteri Coccinellidi, quali gli Scimmini *Scymnus* spp. e *Nephus conjunctus*, frequenti nei vigneti e in grado di controllare gli pseudococcidi anche a basso livello di popolazione.

Le perdite economiche dovute a *P. ficus* sono il risultato di danni diretti e indiretti. Estese infestazioni, a cui corrisponde un'elevata sottrazione di linfa, riducono il vigore della vite con conseguente caduta anticipata delle foglie, indebolimento e deperimento. Lo sviluppo delle fumaggini sulle abbondanti escrezioni di melata riducono sensibilmente il valore economico dei grappoli, in particolare per le uve da tavola. Per i coltivatori di uva da vino si aggiunge anche l'eventuale danno indiretto determinato dalla possibile trasmissione sia del closterovirus GLRV-3, responsabile dell'accartocciamento fogliare della vite, sia del vitivirus GVA, uno degli agenti del legno riccio. Inoltre, gli acini danneggiati da *P. ficus* appaiono disidratati e presentano una maggiore infezione da funghi ocratossigeni (es. *Aspergillus* spp.), con potenziale rischio di presenza di ocratossina A nella filiera vitivinicola.

Planococcus ficus è affine a *P. citri* e la discriminazione tra queste due specie si basa su piccole differenze morfologiche nel numero e nella disposizione di microstrutture non sempre facilmente rilevabili anche da entomologi esperti (TRANFAGLIA, 1978). Il ricorso alle più moderne tecniche molecolari consente oggi di distinguere le due specie con sicurezza (DEMONTIS *et al.*, 2007, CAVALIERI *et al.*, 2008). In realtà proprio l'approccio molecolare ha anche chiarito la presenza di specie criptiche all'interno di *P. ficus* (CORREA *et al.*, 2023). Già EZZAT & MCCONNELL (1956), nel loro importante contributo sulla tribù Planococcini, identificarono e descrissero due specie di *Planococcus* viventi anche su vite e precisamente:

Planococcus ficus (Signoret) distinto morfologicamente dalla presenza di pori traslucidi nelle coxe posteriori e nei tarsi, identificato su esemplari raccolti su vite (Grecia, Italia, Portogallo, Spagna, Sudafrica, Argentina, Cile, Azzorre), su varie specie di *Ficus* (Grecia, Italia, Sudafrica, Argentina stati meridionali degli USA) e su melograno (Italia e Siria).

Planococcus vitis (Niedielski) distinto dalla presenza di pori traslucidi anche nei femori posteriori identificato su esemplari provenienti da Israele, Palestina, Egitto raccolti su fico, melograno e vite.

Successivamente DE LOTTO (1975), nello studiare lo pseudococcide della vite, mise in sinonimia *P. vitis* con *P. ficus*, considerando il binomio originario *Coccus vitis* Niedielski non valido e reputando la variabilità morfologica riscontrata tra i due taxa come intraspecifica all'interno di *P. ficus*. Tale sinonimia venne poi ribadita COX & BEN-DOV (1986) e successivamente generalmente accettata. Ma il recente impiego della biologia molecolare e il rilevante interesse fitosanitario nel mondo per questo complesso criptico ha stimolato importanti ricerche applicate (DEMONTIS *et al.*, 2007, MALAUSA *et al.*, 2011, ABD RABOU *et al.*, 2012, DAANE *et al.*, 2018). In ultimo, il già citato CORREA *et al.* (2023) ha dimostrato nuovamente e anche con l'ausilio dell'indagine biomolecolare che vi sono due specie all'interno "*ficus*", che queste hanno origine e distribuzione diversa nelle zone del mondo ove si coltiva la vite e che sono morfologicamente riconducibili alle due specie sopra riportate nel contributo di EZZAT & MC CONNEL (1956) e precisamente:

***Planococcus ficus*:** areale originario rappresentato da paesi europei mediterranei, da Tunisia, Turchia, (piante ospiti soprattutto vite, fico, melograno). Introdotto in paesi dell'America meridionale (Argentina, Cile, Ecuador) e Sudafrica.

***Planococcus vitis*:** areale originale medio-orientale (Israele, Egitto), introdotto in Nordamerica, Messico, California. Le piante ospiti sono le stesse.

Resta ovviamente il problema tassonomico del binomio *Planococcus vitis*, che dal punto di vista del codice di nomenclatura zoologica è certamente un binomio non valido (DE LOTTO, 1975, COX & BEN-DOV, 1986).

PSEUDOCOCCUS COMSTOCKI (KUWANA, 1902)
PSEUDOCOCCO DI COMSTOCK

È una specie di origine orientale (Giappone, Corea, Cina etc.) che ha progressivamente invaso dapprima l'Asia centrale, poi l'Europa orientale e il Nord America, espandendosi successivamente anche nel Sudamerica. In Europa occidentale la specie è stata individuata per la prima volta nel 2004, contemporaneamente in Italia e in Francia. In Italia risulta finora diffusa e dannosa nelle regioni settentrionali (PELLIZZARI *et al.*, 2012). La femmina adulta ha corpo ovalare, lungo fino a 3,5 mm, ricoperto di cera farinosa bianca e presenta sul margine 17 brevi raggi cerosi per lato, di cui l'ultimo paio visibilmente più lungo. Questa caratteristica permette, in caso di infestazioni su vite, di discriminare le femmine di *P. comstocki* da quelle del più comune *Planococcus ficus*.

P. comstocki è una specie polifaga, capace di svilupparsi su fruttiferi e ornamentali. E' frequente e dannosa soprattutto su melo, pesco e vite. Nei vigneti *P. comstocki* risulta talora più preoccupante del noto *Planococcus ficus*. La specie è caratterizzata dalla migrazione delle femmine fecondate dalle foglie al legno per ovideporre e dal percorso inverso delle neanidi neonate verso la pagina inferiore delle foglie, ove avvengono nutrizione e sviluppo. La riproduzione è anfionica. Nel nord Italia *P. comstocki* compie tre ben distinte generazioni annua-

li, con svernamento sostenuto dalle uova, deposte entro bianchi ovisacchi, su tronco e grossi rami. Le uova svernanti schiudono in aprile e le neanidi si localizzano sulla pagina inferiore delle foglie o sui mazzetti fiorali dei fruttiferi. Le femmine adulte della prima generazione compaiono in giugno e, dopo l'accoppiamento, ovidepongono sulla pagina inferiore delle foglie o all'interno del grappolo. La fecondità media è all'incirca di 200 uova/femmina, con T° attorno ai 23°-25°. Le femmine adulte delle successive due generazioni compaiono rispettivamente a fine luglio-inizio agosto e in ottobre. Le femmine della terza e ultima generazione, presenti sulle piante fino a novembre, dopo l'accoppiamento si spostano dalle foglie al tronco o ai grossi rami dove, tra le screpolature della corteccia o sotto il ritidoma della vite, ovidepongono entro ovisacchi le uova destinate a svernare. La presenza di numerosi candidi ovisacchi cerosi, ben visibili su tronchi e rami, sono il segno palese di una infestazione in atto.

L'abbondante emissione di melata, causa l'imbrattamento di foglie, frutti e grappoli, sviluppo di fumaggini e deprezzamento qualitativo e commerciale di frutti e grappoli imbrattati. Le formiche accudiscono gli pseudococcidi trasportando neanidi e femmine tra le mandibole su parti diverse della pianta e anche fino al colletto, dove, su radici superficiali, si costituiscono piccole colonie dello pseudococcide, mascherate da terriccio. Queste, del tutto inosservate, mantengono l'infestazione in campo.

Un efficace parassitoide di *P. comstocki* è *Clausenia purpurea* Ishii (Imenottero, Encyrtidae), originaria del Giappone come la sua vittima. *C. purpurea* è arrivata in Italia al seguito del suo ospite, senza introduzione intenzionale e risulta attualmente diffusa nelle zone colonizzate dallo pseudococcide (GUERRIERI & PELLIZZARI, 2009). Nei vigneti, dove sono presenti sia *P. comstocki* che *Planococcus ficus*, svolge un ruolo di contenimento anche l'encirtide *Anagyrus vladimiri* Triapitsyn. Le uova possono essere predate dai coccinellidi *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant e *Harmonia axyridis* (Pallas).

PSEUDOCOCCUS LONGISPINUS (TARGIONI TOZZETTI)
COTONELLO LONGIRAGGIATO

È una specie cosmopolita, diffusa ovunque, sia in paesi a clima caldo o temperato, sia in paesi a clima freddo, dove è comunissima nelle serre. È stata ipotizzata una sua origine australiana, per affinità morfologica con specie sicuramente originarie di quel territorio (WATSON, 2002).

La femmina adulta, ovalare, ricoperta di cera bianca farinosa, è lunga fino a 3,5 mm. Dal margine del corpo si dipartono 17 paia di raggi cerosi, di cui i due caudali molto lunghi, anche più del corpo della femmina stessa, caratteristica che consente una prima, rapida identificazione in campo della specie.

Pseudococcus longispinus può svilupparsi a spese di ben 216 generi di piante, inclusi in 99 famiglie botaniche, spaziando dalle palme alle conifere, dalle asteracee alle pteridofite, etc. (GARCIA MORALES *et al.*, 2016). È frequente e dannoso non soltanto su agrumi, fruttiferi, vite, svariate solanacee, ma anche su oleandri, cycas e altre ornamentali.

Sono segnalate occasionali infestazioni su vite nel centro Italia (LUCCHI, 2014), ove lo pseudococcide crea bianche aggregazioni di individui sui grappoli e sulle foglie. A seconda delle condizioni ambientali il numero di generazioni annuali varia da due, nei climi temperati, fino a sei nei paesi caldi. Lo svernamento nei climi temperati è sostenuto in prevalenza da femmine fecondate, più tolleranti al freddo, mentre in climi più caldi durante l'inverno si possono trovare tutti gli stadi. Le femmine sono vivipare e le neanidi appena partorite stazionano alcune ore, o anche qualche giorno, se la temperatura è bassa, sotto il corpo materno, prima di disperdersi sulla vegetazione. La fecondità media si aggira attorno a 200 neanidi, partorite ad intervalli di qualche giorno. In piena estate una generazione si completa in circa un mese, mentre, con temperature attorno ai 25 gradi sono necessari circa 60 giorni.

P. longispinus è coinvolto nella trasmissione di virus su numerose colture tropicali e subtropicali, ed è anche un possibile vettore degli ampelovirus GLRaV-1 and GLRaV-3 e del vitivirus GVA su vite

Tra i nemici naturali sono da ricordare i parassitoidi *Anagyrus pseudococci* (Girault), *Leptomastidea abnormis* (Girault), *Tetraneumonidea peregrina* (Compere) (Imenotteri, Encirtidae).

AUTORI CITATI

- ABDRABOU S., SHALABY H., GERMAIN J.F., RIS N., KREITER P., MALAUSA T., 2012 – *Identification of mealybug pest species (Hemiptera: Pseudococcidae) in Egypt and France, using a DNA barcoding approach.* – Bull. Entomol. Res., 102: 515–523.
- BERTIN S., CAVALIERI V., GRIBAUDO I., SACCO D., MARZACHI C., BOSCO D., 2016 – *Transmission of Grapevine virus A and Grapevine leafroll-associated virus 1 and 3 by Heliococcus bohemicus (Hemiptera: Pseudococcidae) Nymphs From Plants With Mixed Infections.* – J. Econ. Entomol., 109(4): 1504–1511.
- CAMPORESE P., 1994 – *Prime osservazioni sulla biologia di Heliococcus bohemicus Sulc nei vigneti del Veneto (Italia) (Homoptera Coccoidea Pseudococcidae).* – Mem. Soc. Ent. It., 72(1993): 195–200.
- CAVALIERI V., MAZZEO G., TROPEA GARZIA G., BUONOCORE E., RUSSO A., 2008 – *Identification of Planococcus ficus and Planococcus citri (Hemiptera: Pseudococcidae) by PCR-RFLP of COI gene.* – Zootaxa, 1816: 65–68.
- CORREA M.C.G., PALERO F., PACHECO DA SILVA V.C., KAYDAN M.B., GERMAIN J.F., ABD-RABOU S., DAANE K.M., COCCO A., POULIN E., MALAUSA T., 2023 – *Identifying cryptic species of Planococcus infesting vineyards to improve control efforts.* – Journal of Pest Science, 96: 573–586.
- COX J.M., BEN-DOV Y., 1986 – *Planococcinae mealybugs of economic importance from the Mediterranean Basin and their distinction from a new African genus (Hemiptera: Pseudococcidae).* – Bull. Entomol. Res., 76: 481–489
- DAANE K.M., MIDDLETON M.C., SFORZA R.F.H., KAMPS-
HUGHES N., WATSON G.W., ALMEIDA R.P.P., CORREA M.C.G., DOWNIE D.A., WALTON V.M., 2018 – *Determining the geographic origin of invasive populations of the mealybug Planococcus ficus based on molecular genetic analysis.* – PLoS One, 13(3): e0193852.
- DALLA MONTÀ L., DUSO C., MALAGNINI V., 2001 – *Current status of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in the Italian vineyards.* – Boll. Zool. Agr. Bachic., 33: 343–350.
- DE LOTTO G., 1975 – *Notes on the vine mealybug (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae).* – J. Entomol. Soc. South. Afr., 38: 125–130.
- DEMONTIS M.A., ORTU S., COCCO A., LENTINI A., MIGHELI Q., 2007 – *Diagnostic markers for Planococcus ficus (Signoret) and Planococcus citri (Risso) by random amplification of polymorphic DNA polymerase chain reaction and species-specific mitochondrial DNA primers.* – J. Appl. Entomol., 131: 59–64.
- DUSO C., 1990 – *Indagini bioecologiche su Planococcus ficus (Sign.) nel Veneto.* – Boll. Lab. Entomol. Agrar. Portici, 46(1989): 3–20.
- EZZAT Y.M., MCCONNELL H.S., 1956 – *A classification of the mealybug tribe Planococcini (Pseudococcidae: Homoptera).* – College Park, Md. University of Maryland, Agricultural Experiment Station, 108 pp.
- GARCÍA MORALES M., DENNO B.D., MILLER D.R., MILLER G.L., BEN-DOV Y., HARDY N.B., 2016 – *ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics.* – doi: 10.1093/database/bav118. <http://scalenet.info> [15.10.2024].
- GUERRIERI E. PELLIZZARI G., 2009 – *Parasitoids of Pseudococcus comstocki in Italy: first records of Clausenia purpurea and Chrysoplatycerus splendens from Europe.* – Bulletin of Insectology 62 (2):179–182.
- LUCCHI A., 2014 – *Note di entomologia viticola.* – Pisa University press, 320 pp
- MALAUSA T., FENIS A., WAROT S., GERMAIN J.F., RIS N., PRADO E., BOTTON M., VANLERBERGHE-MASUTTI F., SFORZA R.F.H., CRUAUD C., COULOUX A., KREITER P., 2011 – *DNA markers to disentangle complexes of cryptic taxa in mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae).* – J. Appl. Entomol., 135: 142–155.
- MANSOUR R., GRISSA-LEBDI K., SUMA P., MAZZEO G., RUSSO A., 2017 – *Key scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of high economic importance in a Mediterranean area: Host plants, bio-ecological characteristics, natural enemies and pest management strategies – a review.* – Plant Prot. Sc., 53(1): 1–14.
- MAROTTA S., 1987 – *An annotated list of the Italian mealybugs.* – Boll. Lab. Entomol. Agrar. Portici, 43: (1986, Suppl.): 107–116.
- PELLIZZARI G., DUSO C., RAINATO A., POZZEBON A., ZANNINI G., 2012 – *Phenology, ethology and distribution of Pseudococcus comstocki, an invasive pest in north-eastern Italy.* – Bull. Insectology, 65(2): 209–215.
- SENTENAC G., KUNTZMANN P., PEREZ L., GILI A., KREITER P., 2011 – *Biological control of Heliococcus bohemicus Sulc (Hemiptera: Pseudococcidae) with the natural*

- enemy* *Ericydnus sipylus* (Walker) (Hymenoptera: Encyrtidae). – IOBC/WPRS Bull., 67: 31-40.
- TRANFAGLIA, A. 1978 – *Considerazioni sull'affinità morfologica tra Planococcus citri* (Risso) e *Planococcus ficus* (Signoret) – Atti XI Congr. Naz. It. Ent. Portici-Sorrento, 1976: 91-93.
- WATSON G.W., KONDO T., LAMBDIN P., PACHECO DA SILVA V.C., 2022 voce: *Pseudococcus longispinus*. In: Encyclopedia of Scale Insect Pests, CABI Wallingford 608: 199-201.

USE OF PHEROMONE TRAPS IN VINEYARDS AND EFFECTS ON *ANAGYRUS* SPP.

POMPEO SUMA - GAETANO SISCARO - GAETANA MAZZEO^a

^a Department of Agricultural, Food and Environment, University of Catania. E-mail: suma@unict.it

Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo”

Use of pheromone traps in vineyards and effects on Anagyrus spp.

The vine mealybug, *Planococcus ficus* (Signoret), is a harmful pest that damages grapevines through sucking sap and honeydew formation. Honeydew often attracts ants, which can hamper the activity of natural enemies and facilitate the spread of mealybugs in the field (FRANCO *et al.*, 2009; MANSOUR *et al.*, 2012), while sooty mold can cover leaves and bunches, to the point that sunlight can't reach the leaf making photosynthesis and respiration less efficient, contributing to the weakening of infested vines potentially leading to plant death (WALTON *et al.*, 2006; FRANCO *et al.*, 2009). Moreover, the important role of this mealybug as a vector of plant pathogens (e.g. viruses and bacteria), many of which are extremely damaging to the crop, should not be underestimated, making *P. ficus* a serious threat to vineyards. Of particular relevance is the ability of *P. ficus* to transmit the grapevine leafroll virus (GLRaV) (MAHFOUDHI *et al.*, 2009), which is responsible for large economic losses, estimated at \$25,000 to \$40,000 per hectare, in many producing regions of the world (ATALLAH *et al.*, 2012). To date, there is ample evidence that the most effective control strategy for mealybug in vineyards is an integrated management approach (IPM) based on a combination of practices, including the sustainable use of pesticides.

KEY WORDS: mealybugs; *Planococcus ficus*; monitoring; visual sampling, natural enemies, parasitoids

Understanding that visual inspection is always an important tool for assessing the spread and intensity of infestations despite time consuming, to date, the fastest, easiest and most effective sampling method is based on the use of synthetic sex pheromone-activated traps. The sex pheromone of *P. ficus* was identified as (S)-(+)-lavandulyl senecioate and commercially produced in its racemic form (HINKENS *et al.*, 2001), and has since been widely used to develop population monitoring protocols (MILLAR *et al.*, 2002) and sex confusion programs (LUCCHI *et al.*, 2019; FRANCO *et al.*, 2022). In terms of monitoring techniques, pheromone traps allow early detection of *P. ficus* populations to prevent large-scale infestations. They also allow a good approximation of their density (FRANCO *et al.*, 2001), to better define the most appropriate control measures to be implemented. Although the advantages of their use have been widely demonstrated, this tool has some limitations.

Pheromone traps allow the trapping of males, which represent only a portion of the population in the field. In addition, the effectiveness of the traps appears to be influenced by environmental, biological (i.e., related to the biology of the pest) and technical (related to the correct management of the traps in the field and their handling) factors. Indeed, it has been shown that environmental factors such as wind, rain, and temperature fluctuations can negatively interfere with the trapping efficiency, providing inaccurate indications of mealybug populations in the field. Excessive or uneven distribution of traps can also adversely affect the success of an infestation monitoring program. Other factors influencing the efficiency of pheromone traps are directly related to their specificity of action: in fact, it is well known that different species

of mealybugs morphologically very similar to each other, may be present simultaneously in the vineyard. It is crucial to carry out accurate monitoring of pest populations in the field, using appropriate scientific advice, to ensure correct identification. Among environmental factors, the placement of traps in the field and/or the choice of the type of trap to be used is relevant for the success of the monitoring program. Lack of maintenance or replacement of damaged or worn components of traps can also reduce trapping efficacy over time (e.g., if the target insect population density is high, the trapping adhesive surface may become saturated and provide partial indications).

In addition, pheromone dispensers that have exceeded their recommended duration of use are much less effective or not effective at all, as are those stored prior to their use in unsuitable environments. Because they consist of highly volatile chemicals, if stored in exceptionally hot areas, pheromones can lose their attractiveness.

The timing of exposure in the field must also necessarily be appropriate to the biological cycle of the species to be captured.

Among the biological control agents, the parasitoids wasps are widespread and effective. This is the case of *Anagyrus vladimiri* Triapitsyn (Hymenoptera: Encyrtidae), which is spontaneously present in Italian vineyards and is currently produced and marketed by several bio farms. This parasitoid, which has an excellent control ability against *P. ficus*, is released in the field by means of inoculative methods. Recent studies have demonstrated the existence of an interaction between the field exposure of the pseudococcid's synthetic sex pheromones and the parasitoid; in fact,

a particular attractive action of the synthetic compound has been evidenced, which is not only expressed towards the males of the scale, but also towards the parasitic wasp, which exploits this odorous trail to detect its victim, thus manifesting a clear kairomonal activity (FRANCO *et al.*, 2011; MANSOUR *et al.*, 2010). In this context, during the activities of a research aimed at assessing the presence of *P. ficus* in several Italian vineyards, it was observed that on the pheromone traps used to monitor the male flights of the pseudococcid, females of the parasitoid were also present in large numbers. The presence was irrespective of the type of trap adopted (by shape and color), the farm management (conventional or organic) and whether or not any inoculative/inundative release of *A. vladimiri* were carried out by farmers. Furthermore, the presence of captures was found to be completely independent of the presence or absence of the host species (*P. ficus*) in the field. Certainly, this aspect deserves further study to investigate in-deep the practical-application impact that this interaction could have in the context of intervention protocols for *P. ficus* control in vineyards. It is likely that a properly “managed” distribution of the synthetic pheromone could help to improve the performance of the parasitoid and maximize its biological control activity against the mealybug.

In conclusion, it seems clear that the grapevine mealybug poses a serious threat to vineyards, and constant monitoring of populations by careful use of pheromone traps supported by visual inspections is certainly a useful decision-making tool for the adoption of timely and targeted interventions. At the same time, however, an in-depth study of the relationships between field exposure of synthetic sex pheromone and the biology of *A. vladimiri* and other parasitoid species, such *Anagyrus pseudococci* (Girault), appears necessary, such as to provide further input for optimizing the control strategies of this mealybug in vineyard.

Integrated pest management (IPM) remains the most sustainable approach to deal with harmful arthropod infestations and ensure the health and quality of grape production, so early detection of infestations in the field, enhanced by the optimized use of natural antagonists and the adoption of good agricultural practices, can certainly lead to important results in the containment of *P. ficus* populations by significantly reducing the need to resort to control measures with low sustainability.

REFERENCES

- ATALLAH S. S., GÓMEZ M. I., FUCHS M. F., MARTINSON T. E., 2012 - *Economic impact of grapevine leafroll disease on Vitis vinifera cv. Cabernet franc in Finger Lakes vineyards of New York*. - American Journal of Enology and Viticulture, 63(1): 73–79.
- FRANCO J.C., RUSSO A., SUMA P., SILVA E.B., DUNKELBLUM E., MENDEL Z., 2001 - *Monitoring strategies for the citrus mealybug in citrus groves*. - Boll. Zool. Agrar. Bachic., 33: 297-303.
- FRANCO J. C., ZADA A., MENDEL Z., 2009 - *Novel approaches for the management of mealybug pests*. In: Biorational Control of Arthropod Pests (pp. 233-278). Springer Netherlands.
- FRANCO J.C., BORGES DA SILVA E., FORTUNA T., CORTEGANO E., BRANCO M., SUMA P., LA TORRE I., RUSSO A., ELYAHU M., PROTASOV A., ZADA A., MENDEL Z., 2011 - *Enhancing the effectiveness of the parasitoid Anagyrus sp. near pseudococci: the role of the sex pheromone of vine mealybug in host selection*. - Biological Control, 58(3): 230-238.
- FRANCO J.C., COCCO A., LUCCHI A., MENDEL Z., SUMA P., VACAS S., MANSOUR R., NAVARRO-LLOPIS V., 2022 - *Scientific and technological developments in mating disruption of scale insects*. - Entomologia Generalis, (42) 2: 251–273.
- HINKENS D. M., McELFRESH J. S., MILLAR J. G., 2001 - *Identification and synthesis of the sex pheromone of the vine mealybug, Planococcus ficus*. - Tetrahedron Lett., 42: 1619–1621.
- LUCCHI A., SUMA P., LADURNER E., IODICE A., SAVINO F., RICCIARDI R., COSCI F., MARCHESINI E., CONTE G., BENELLI G., 2019 - *Managing the vine mealybug, Planococcus ficus, through pheromone-mediated mating disruption*. - Environmental Science and Pollution Research, 26:10708-10718.
- MAHFOUDHI N., DIGIARO M., DHOUBI M. H., 2009 - *Transmission of grapevine leafroll viruses by Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) and Ceroplastes rusci (Hemiptera: Coccidae)*. - Plant Disease, 93(10): 999–1002.
- MANSOUR R., SUMA P., MAZZEO G., BUONOCORE E., GRISSA LEBDI K., RUSSO A., 2010 - *Using a kairomone-based attracting system to enhance biological control of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) by Anagyrus sp. near pseudococci (Hymenoptera: Encyrtidae) in Sicilian vineyards*. - Journal of Entomological and Acarological Research, 42(3): 161-170.
- MANSOUR R., SUMA P., MAZZEO G., LA PERGOLA A., PAPPALARDO V., GRISSA LEBDI K., RUSSO A., 2012 - *Interactions between the ant Tapinoma nigerrimum (Hymenoptera: Formicidae) and the main natural enemies of the vine and citrus mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae)*. - Biocontrol Science and Technology, 22: 527-537.
- MILLAR J. G., DAANE K. M., McELFRESH J. S., MOREIRA J. A., R. MALAKAR-KUENEN, GUILLE'N M., BENTLEY W. J., 2002 - *Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. - J. Econ. Entomol., 95: 706–714.
- WALTON V.M., DAANE K.M., BENTLEY W.J., MILLAR J.G., LARSEN T.E., MALAKAR-KUENEN R., 2006 - *Pheromone-based mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. - J. Econ. Entomol., 99: 1280-1290.

LA GESTIONE COLTURALE DEL VIGNETO E LA TECNICA DELLA CONFUSIONE SESSUALE NEL CONTENIMENTO DELLE INFESTAZIONI DI *PLANOCOCCUS FICUS* (SIGNORET) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) IN ITALIA

ARTURO COCCO^a - RENATO RICCIARDI^b - GIOVANNI BENELLI^b - ANDREA LENTINI^a - ANDREA LUCCHI^b

^a Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari, Viale Italia 39a, 07100 Sassari

^b Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università degli Studi di Pisa, Via del Borghetto 80, 56124 Pisa

Corresponding Author: Arturo Cocco; Email: acocco@uniss.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo”. Seduta pubblica dell’Accademia, Conegliano, 18 ottobre 2024.

Vineyard cultural practices and mating disruption as control methods of Planococcus ficus (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Italy

The vine mealybug, *Planococcus ficus*, is a key pest of grapevine in Italy. Its cryptic behaviour and the limited number of registered active ingredients make mealybug control difficult. The problematic management of the vine mealybug has promoted research on factors affecting population build-up and sustainable control methods, including cultural practices and biotechnical tools, such as fertilization and mating disruption, respectively. Nitrogen provision to grapes, either directly by fertilization or indirectly by legume cover crops, promotes the development of *P. ficus* populations through increased female size, fecundity, survival and faster development time. Mating disruption is effective in reducing and delaying *P. ficus* mating, resulting in a reduction of the pest population density and a reduced percentage of infested bunches. Reports of unsatisfactory control of mating disruption may be related to its ineffectiveness as a stand-alone control tool at high *P. ficus* population density. Double dispensers for the combined mating disruption of two key grapevine pests, *P. ficus* and the European grapevine moth, *Lobesia botrana*, have provided promising results. In conclusion, nitrogen provision in vineyards should be considered as a factor promoting *P. ficus* infestations. Mating disruption has proven to be an effective control tool under different conditions, including wine and table grape cultivars, conventional and organic vineyards, and dispenser rates. At high pest population density, mating disruption used as a stand-alone control tactic may not provide full pest control.

KEY WORDS: vine mealybug, nitrogen fertilization, cover crops, sexual pheromone, grape damage.

INTRODUZIONE

La cocciniglia farinosa della vite, *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), è un fitofago di primaria importanza nelle principali aree viticole italiane (DALLA MONTÀ *et al.*, 2001). La dannosità diretta è dovuta alla abbondante sottrazione di linfa floematica, da cui trae gli elementi nutritivi necessari a sviluppo e riproduzione, e che causa indebolimento della pianta e disidratazione dei grappoli. I danni indiretti sono riconducibili alla produzione di melata che favorisce lo sviluppo di spessi feltri di fumaggine sulla chioma e sui grappoli e, anche, alla trasmissione di numerosi virus, tra cui gli agenti del complesso dell'accartocciamento fogliare della vite (GLRaV). Poiché *P. ficus* è un efficiente vettore di trasmissione del virus, in aree ad alta incidenza virale è necessario ricorrere a interventi di difesa anche a basse densità del fitofago (BERTIN *et al.*, 2016). La protezione dei vigneti dalle infestazioni di *P. ficus* è resa complessa dal comportamento criptico delle sue popolazioni, che si sviluppano in parte sotto il ritidoma, al riparo da nemici naturali e insetticidi, e dalla progressiva revoca di principi attivi efficaci per contrastare

le sue infestazioni, tra cui spirotetramat e clorpirifos metile (MINISTERO DELLA SALUTE, 2025). Queste difficoltà hanno spinto la ricerca a sviluppare sistemi di lotta sostenibili (COCCO *et al.*, 2021a), incluse le pratiche colturali, come la fertilizzazione e la gestione del suolo nel vigneto, e mezzi biotecnici, come la confusione sessuale. Le numerose ricerche condotte in Italia hanno contribuito a mettere a punto tecniche efficaci e rispettose dell'ambiente.

FERTILIZZAZIONE AZOTATA

Un'adeguata disponibilità di macroelementi è fondamentale per garantire lo sviluppo vegetativo e la maturazione dei grappoli, evitando stress di natura abiotica che possono compromettere la qualità e quantità delle produzioni. In particolare, una pronunciata carenza di azoto si traduce in uno stentato accrescimento dei germogli, clorosi fogliare, ridotta allegagione, minore accrescimento degli acini, maturazione ritardata e, in sintesi, riduzione della produzione. Per contro, eccessi nella concimazione azotata hanno effetti fitotossici, con necrosi fogliari e del raspo, prolungata attività vegetativa che può causare il

ritardo della maturazione, una ridotta qualità del mosto e alterazioni nel processo di fermentazione (JACKSON, 2008, VERDENAL *et al.*, 2021).

La composizione chimica delle piante ospiti influenza anche lo sviluppo dei fitofagi, in particolare degli insetti floemomizi, che traggono attraverso la linfa floematica gli elementi nutritivi necessari a sviluppo e riproduzione, quali zuccheri e amminoacidi (PRESTIDGE & McNEILL, 1983). Le sostanze presenti nella linfa in eccesso rispetto all'esigenza dell'insetto, come gli zuccheri, vengono eliminate dalla cocciniglia attraverso la melata. Per contro, gli amminoacidi vengono in gran parte trattenuti, in particolare quelli essenziali, e svolgono una importante funzione nutritiva e fagostimolante, incidendo positivamente sullo sviluppo delle cocciniglie (SALEH & SALAMA, 1971; CALATAYUD *et al.*, 2002). L'accrescimento degli insetti floemomizi come *P. ficus* è quindi influenzato dal contenuto e dalla qualità degli amminoacidi; la concimazione azotata, modificando il contenuto degli amminoacidi nella linfa, riveste un ruolo importante nel loro sviluppo. Questa influenza non è però generalizzabile, in quanto diverse specie di cocciniglie, tra cui *Pseudococcus viburni* (Signoret), *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) e *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), hanno mostrato accrescimenti differenti al variare della concimazione azotata nella pianta ospite (LEMA & MAHUNGU 1983; GRIMES & CONE 1985; RAE & JONES 1992; HOGENDORP *et al.*, 2006).

I potenziali effetti della concimazione azotata sullo sviluppo di *P. ficus* sono stati investigati in condizioni sperimentali in laboratorio e in semi-campo, su piante in vaso, e in un vigneto commerciale, su piante in produzione (COCO *et al.*, 2015, 2021b). I risultati degli studi di laboratorio e di semi-campo sono risultati simili e hanno dimostrato che applicazioni crescenti di concime azotato inducono un aumento della concentrazione azotata nelle foglie e, conseguentemente, un incremento delle dimensioni e della fecondità delle femmine adulte, un progressivo aumento della sopravvivenza degli individui e una diminuzione del tempo di sviluppo dallo stadio di neanide di prima età allo stadio adulto (COCO *et al.*, 2015). Le variazioni dei parametri morfologici, biologici e riproduttivi di *P. ficus* sono risultate significativamente correlate all'aumento della concentrazione di azoto nelle foglie delle piante ospiti. Nelle prove in pieno campo, *P. ficus* ha mostrato un aumento della fecondità e della sopravvivenza e una diminuzione del tempo di sviluppo su piante sottoposte alla concimazione azotata tipica di quell'area viticola (80 unità di azoto minerale) rispetto a piante non concimate, mentre ulteriori aumenti della quantità di azoto non hanno indotto variazioni significative nello sviluppo e nella riproduzione della cocciniglia (COCO *et al.*, 2021b).

GESTIONE DEL SUOLO

La gestione del suolo, con lavorazioni convenzionali o con l'inerbimento di varie essenze erbacee, influenza il contenuto di azoto nel terreno e può quindi anche influenzare lo sviluppo di *P. ficus*. I risultati di uno studio

triennale condotto in Sardegna hanno evidenziato che le piante di parcelle gestite con l'inerbimento di leguminose o lavorate meccanicamente mostrano, fin dal primo anno di sperimentazione, maggiori livelli di azoto nelle foglie rispetto a viti vegetanti su parcelle inerbite con graminacee (MUSCAS *et al.*, 2017). L'influenza della gestione del terreno sull'accrescimento e sulla riproduzione di *P. ficus* è stata lenta e si è manifestata in modo significativo nel secondo e, soprattutto, nel terzo anno di studio. In particolare, l'inerbimento con leguminose ha determinato un incremento della concentrazione azotata nelle foglie di vite con effetti anche sulla capacità di accrescimento delle cocciniglie che hanno mostrato un minor tempo di sviluppo e maggiori valori di sopravvivenza, di fecondità e di fertilità delle uova. Nelle parcelle soggette a lavorazioni meccaniche è stata osservata una risposta simile mentre, per contro, le piante coltivate su inerbimenti di graminacee hanno sofferto la competizione delle essenze erbacee per i nutrienti, mostrando un minor tenore di azoto nelle foglie. Di riflesso, i parametri biologici e riproduttivi di *P. ficus* sono stati ridotti. L'influenza della gestione del terreno sullo sviluppo di *P. ficus* è stata meno accentuata e a più lenta risposta rispetto alla somministrazione diretta di azoto.

CONFUSIONE SESSUALE

L'efficacia della confusione sessuale con l'impiego di diffusori passivi per il controllo di *P. ficus* è stata dimostrata su cultivar da vino e da tavola e in vigneti gestiti in regime integrato e biologico (COCO *et al.*, 2014; LUCCHI *et al.*, 2019). La comunicazione sessuale tra i due sessi, stimata dalla incapacità dei maschi di localizzare le trappole a feromone di monitoraggio, è stata fortemente alterata dai diffusori impiegati per la confusione sessuale, con una conseguente riduzione delle catture fino al 95%. Nei vigneti protetti con la confusione sessuale, inoltre, gli accoppiamenti si sono ridotti consistentemente, anche al termine della stagione (COCO *et al.*, 2018). Inoltre, gli accoppiamenti sono stati ritardati da 6 a 12 giorni, con una significativa riduzione del tasso intrinseco di crescita della popolazione (LENTINI *et al.*, 2018). La combinazione di questi due effetti ha causato una diminuzione della densità di popolazione di *P. ficus* nel corso della stagione ma anche negli anni. Una delle cause è da ricercarsi nel minor numero di femmine fecondate alla fine dell'anno che ritardano l'aumento della popolazione nell'anno successivo (COCO *et al.*, 2018). L'azione della confusione sessuale si riflette sulla infestazione di *P. ficus* sulla pianta, con una significativa riduzione della percentuale di grappoli infestati e della densità di cocciniglie nei grappoli. L'efficacia è stata simile con l'impiego di diffusori di feromone sessuale a densità variabili da 300 a 500 per ha (LUCCHI *et al.*, 2019).

Alcune prove hanno peraltro evidenziato che la confusione sessuale, impiegata come unico mezzo di lotta in presenza di elevate popolazioni di *P. ficus*, non ha fornito una efficacia soddisfacente (LENTINI *et al.*, dati non pubblicati). Una inefficace azione della confusione sessuale come strumento singolo di controllo può essere dovuta alla maggiore probabilità di incontri casuali tra maschi e femmine ad alte

densità di popolazione, soprattutto nel caso di fitofagi come *P. ficus* che hanno una distribuzione fortemente aggregata. Ulteriori cause della insufficiente efficacia del controllo biotecnico potrebbero risiedere nella distribuzione disomogenea dei diffusori, utilizzati a densità inferiori a quelle di etichetta oppure a diffusori non efficienti.

PROSPETTIVE FUTURE

Le principali innovazioni allo studio per il controllo di *P. ficus* con la tecnica della confusione sessuale riguardano i diffusori a doppio feromone, per il controllo combinato di *P. ficus* e della tignoletta della vite, *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) (RICCIARDI *et al.*, 2022). In numerose aree viticole italiane viene applicata con diffusori singoli la confusione sessuale per entrambe le specie, con rilevanti aggravi economici legati al costo e ai tempi di distribuzione in campo di entrambi i diffusori. Il diffusore doppio, contenente gli ingredienti feromonal di sintesi di entrambi i fitofagi, si è mostrato efficace nell'alterare la comunicazione maschio-femmina sia per *L. botrana* che per *P. ficus*, come dimostrato in prima battuta dalla riduzione delle catture dei maschi nelle trappole a feromone. Questa strategia di controllo combinato è stata efficace anche riducendo la densità e la percentuale di infestazione di *P. ficus* sui grappoli, e riducendo l'infestazione percentuale di larve di prima generazione di *L. botrana* nelle infiorescenze e di larve di seconda e terza generazione nei grappoli. Il controllo è stato egualmente efficiente a diverse densità di distribuzione (400, 500 e 600 diffusori/ha).

CONCLUSIONI

L'apporto di azoto in modo diretto o indiretto, attraverso rispettivamente la concimazione azotata o la gestione del suolo, promuove lo sviluppo delle popolazioni di *P. ficus*. La scelta del piano di concimazione azotata e la tipologia di gestione superficiale del terreno è legata principalmente a fattori agronomici e produttivi piuttosto che orientata al controllo di *P. ficus*. Nondimeno, queste pratiche agronomiche possono favorire infestazioni della cocciniglia farinosa e devono perciò essere considerate come fattori nei programmi di controllo integrato.

La confusione sessuale si è mostrata efficace in differenti condizioni di gestione del vigneto nel ridurre la densità di *P. ficus* e il danno sui grappoli. Sono stati registrati casi di limitata efficienza in presenza di popolazioni elevate del fitofago che richiedono ulteriori approfondimenti. Recenti studi sulla confusione sessuale combinata di *P. ficus* e *L. botrana* hanno fornito risultati incoraggianti per entrambe le specie, e una maggiore convenienza tecnica ed economica dei due metodi applicati separatamente.

BIBLIOGRAFIA

BERTIN S., PACIFICO D., CAVALIERI V., MARZACHI C., BOSCO D., 2016 - *Transmission of Grapevine virus A and Grapevine leafroll-associated viruses 1 and 3*

by *Planococcus ficus* and *Planococcus citri* fed on mixed-infected plants. – Ann. Appl. Biol., 169: 53-63.

CALATAYUD P.A., POLANIA M.A., GUILLAUD J., MUNERA D.F., HAMON J.C., BELLOTTI A.C., 2002 - *Role of single amino acids in phagostimulation, growth, and development of the cassava mealybug Phenacoccus herreni*. – Entomol. Exp. Appl., 104: 363-367.

COCCO A., LENTINI A., SERRA G., 2014 - *Mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in vineyards using reservoir pheromone dispensers*. – J. Insect Sci., 14: 144.

COCCO A., MARRAS M.P., MUSCAS E., MURA A., LENTINI A., 2015 - *Variation of life-history parameters of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in response to grapevine nitrogen fertilization*. – J. Appl. Entomol., 139: 519-528.

COCCO A., MUSCAS E., MURA A., IODICE A., SAVINO F., LENTINI A., 2018 - *Influence of mating disruption on the reproductive biology of the vine mealybug, Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae), under field conditions*. – Pest Manag. Sci., 74: 2806-2816.

COCCO A., PACHECO DA SILVA V.C., BENELLI G., BOTTON M., LUCCHI A., LENTINI A., 2021a - *Sustainable management of the vine mealybug in organic vineyards*. – J. Pest Sci., 94: 153-185.

COCCO A., MERCENARO L., MUSCAS E., MURA A., NIEDDU G., LENTINI A., 2021b - *Multiple effects of nitrogen fertilization on grape vegetative growth, berry quality and pest development in Mediterranean vineyards*. – Horticulturae, 7: 530.

DALLA MONTÀ L., DUSO C., MALAGNINI V., 2001 - *Current status of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in the Italian vineyards*. – Boll. Zool. Agr. Bachic., 33: 343-350.

GRIMES E.W., CONE W.W., 1985 - *Life history, sex attraction, mating, and natural enemies of the grape mealybug, Pseudococcus maritimus (Homoptera: Pseudococcidae)*. – Ann. Entomol. Soc. Am., 78: 554-558.

HOGENDORP B.K., CLOYD R.A., SWIADER J.M., 2006 - *Effect of nitrogen fertility on reproduction and development of citrus mealybug, Planococcus citri Risso (Homoptera: Pseudococcidae), feeding on two colors of coleus, Solenostemon scutellarioides L. Codd.* – Environ. Entomol., 35: 201-211.

JACKSON R.S., 2008 - *Wine science: principles and applications*. Academic Press, London, 776 pp.

LEMA K.M., MAHUNGU N.M., 1983 - *Effects of fertilizer applications on postembryonic development and reproduction of the cassava mealybug*. – Proceedings of the second triennial symposium of the International Society for the Tropical Root Crops, Africa Branch. August 14-19, 1983, Douala, Cameroon.

LENTINI A., MURA A., MUSCAS E., NUOLI M.T., COCCO A., 2018 - *Effects of delayed mating on the reproductive biology of the vine mealybug, Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae)*. – Bull. Entomol. Res., 108: 263-270.

LUCCHI A., SUMA P., LADURNER E., IODICE A., SAVINO F., RICCIARDI R., COSCI F., MARCHESINI E., CONTE G.,

- BENELLI G., 2019 - *Managing the vine mealybug, Planococcus ficus, through pheromone-mediated mating disruption*. - Environ. Sci. Pollut. Res., 26: 10708-10718.
- MINISTERO DELLA SALUTE, 2025 - *Banca dati dei prodotti fitosanitari*. Di https://www.fitosanitari.salute.gov.it/fitosanitariws_new/FitosanitariServlet.
- MUSCAS E., COCCO A., MERCENARO L., CABRAS M., LENTINI A., PORQUEDDU C., NIEDDU G., 2017 - *Effects of vineyard floor cover crops on grapevine vigor, yield, and fruit quality, and the development of the vine mealybug under a Mediterranean climate*. - Agric. Ecosyst. Environ., 237: 203-212.
- PRESTIDGE R.A., MCNEILL S., 1983 - *The role of nitrogen in the ecology of grassland Auchenorrhyncha*. In: Nitrogen as an ecological factor, Lee J.A., McNeill S. & Rorison I.H., Eds., Blackwell, Oxford, pp. 257-281.
- RAE D.J., JONES R.E., 1992 - *Influence of host nitrogen levels on development, survival, size and population dynamics of sugarcane mealybug, Saccharicoccus sacchari (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae)*. - Aust. J. Zool., 40: 327-342.
- RICCIARDI R., BENELLI G., SUMA P., COSCI F., DI GIOVANNI F., ZENI V., CONTE G., MARCHESINI E., SAVINO F., LADURNER E., IODICE A., CANALE A., LUCCHI A., 2022 - *One device for two pests: A new double dispenser for mating disruption of Lobesia botrana and Planococcus ficus*. - Entomol. Gen., 42: 289-307.
- SALEH M., SALAMA H.S., 1971 - *Main chemical components of the honey dew excreted by the vine mealy bug Planococcus vitis*. - J. Insect Physiol., 17: 1661-1663.
- VERDENAL T., DIENES-NAGY Á., SPANGENBERG J.E., ZUFFE-REY V., SPRING J.L., VIRET O., MARIN-CARBONNE J., VAN LEEUWEN C., 2021 - *Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: A review*. - Oeno One, 55: 1-43.

ESPERIENZE DI CONTROLLO BIOLOGICO E LINEE DI DIFESA INTEGRATA NEI CONFRONTI DI *PLANOCOCCUS FICUS*

ALBERTO POZZEBON^a - GABRIELLA LO VERDE^b - ERNESTO RAGUSA^b - THOMAS GIORDANO^b
ARTURO COCCO^c - ANDREA LENTINI^c - HARALABOS TSOLAKIS^b - CARLO DUSO^a

^a Università degli Studi di Padova, Dipartimento Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente, viale dell'Università 16, 35020, Legnaro (Padova), Italia

^b Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, viale delle Scienze, Ed. 5, 90128 Palermo, Italia

^c Università degli Studi di Sassari, Dipartimento di Agraria, viale Italia 39/a, 07100, Sassari

* Autore corrispondente: alberto.pozzebon@unipd.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo". Seduta pubblica dell'Accademia, Conegliano, 18 ottobre 2024.

Experiences of biological control and integrated management against Planococcus ficus

The control of the vine mealybug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), represents one of the main challenges for viticulture in various wine-growing regions of Italy and worldwide. The pest's cryptic behaviour, combined with the evolution of plant protection options influenced by regulatory, commercial, and environmental requirements, has limited the possibilities for chemical control. In recent years, alternative methods to insecticides have been proposed, focusing on mating disruption and biological control through the release of parasitoids or predators, which have gained increasing interest. Several experiments have been conducted in different Italian wine-growing areas to test control strategies based on mating disruption or augmentative biological control applied alone or in combination. The results highlight how mating disruption and biological control of *P. ficus* represent valid alternatives to chemical control. These methods can be integrated to enhance the control of this damaging pest.

KEY WORDS: Vine mealybug, biological control, mating disruption, integrated pest management.

INTRODUZIONE

La cocciniglia farinosa *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) è un fitofago di primaria importanza in diverse aree viticole d'Italia e nel mondo (DUSO, 1989; LENTINI *et al.*, 2008; DALLA MONTÀ *et al.*, 2001; WALTON e PRINGLE, 2004; DAANE *et al.*, 2012). Le infestazioni causano danni diretti derivanti da un'intensa sottrazione di linfa che può indurre la caduta precoce delle foglie, la riduzione delle rese e della qualità dell'uva, il deperimento delle piante (DUSO, 1989; WALTON *et al.*, 2004). Ulteriori danni sono associati all'abbondante emissione di melata e allo sviluppo di fumaggini che riducono la capacità fotosintetica e la traspirazione (DUSO 1989; DALLA MONTÀ *et al.*, 2001; DAANE *et al.*, 2012). Particolarmente temute sono le infestazioni dei grappoli che causano uno scadimento qualitativo e quantitativo della produzione (ad es. perdita di turgidità e mancata maturazione delle bacche). Inoltre, i grappoli attaccati risultano esposti all'infezione da funghi come *Aspergillus* sezione *Nigri*, con il conseguente potenziale rischio di contaminazione da ocratossina A (CHIOTTA *et al.*, 2010). Tra i danni indiretti si sottolinea la possibilità di *P. ficus* di trasmettere diversi virus patogeni della vite, in particolare il virus dell'Accartocciamento fogliare (ad es. ROSCIGLIONE e CASTELLANO, 1985; TANNE *et al.*, 1989; GOSZCZYNSKI *et al.*, 2003; SFORZA *et al.*, 2003; TSAI *et al.*, 2008; CABALEIRO *et al.*, 2022).

L'insetto dimostra una capacità di adattamento a diverse condizioni climatiche potendo completare almeno 3-4 generazioni annuali nel Nord Italia, 5-6 nel Sud Italia e fino a 10 generazioni annuali in California e Israele (DUSO, 1989; LONGO *et al.*, 1991; DALLA MONTÀ *et al.*, 2001; BUONOCORE *et al.*, 2008; DAANE *et al.*, 2012; SHARON *et al.*, 2016). Lo svernamento avviene principalmente come femmina adulta sotto la corteccia; nel corso delle fasi successive della stagione lo sviluppo della popolazione coinvolge progressivamente i tralci, le foglie e i grappoli (DUSO, 1989; LENTINI *et al.*, 2008). Le popolazioni non abbandonano mai completamente i rifugi sotto la corteccia, dove è possibile rinvenire individui di *P. ficus* nel corso di tutta la stagione vegetativa. Quando infestano i grappoli, gli individui di *P. ficus* si posizionano soprattutto lungo il rachide (DUSO, 1989; DALLA MONTÀ *et al.*, 2001; LENTINI *et al.*, 2008). Questo comportamento criptico rappresenta uno dei principali limiti nella lotta verso questo fitofago, in particolare se quest'ultima è basata sull'uso di insetticidi. La presenza, per buona parte della stagione, di individui protetti sotto le cortecce o all'interno dei grappoli, richiede una attenta valutazione della distribuzione della popolazione sulla pianta al fine di individuare i periodi in cui la maggior parte della popolazione si trova sulla vegetazione e quindi maggiormente esposta ai trattamenti chimici (DUSO, 1989; GEIGER e DAANE, 2001; WALTON *et al.*, 2004; DAANE *et al.*, 2012).

Nell'ambito del controllo chimico di *P. ficus*, un'ulteriore difficoltà è rappresentata dalla riduzione della disponibilità di prodotti insetticidi efficaci, avvenuta in seguito all'entrata in vigore del Regolamento (CE) 1107/2009. La revoca di prodotti ampiamente utilizzati nella lotta a *P. ficus* (ad es. chlorpyrifos-ethyl) non è stata seguita dalla comparsa di prodotti altrettanto efficaci. Inoltre, le limitazioni all'uso di prodotti di sintesi attuate in conseguenza della Direttiva 2009/128/CE e di necessità di ordine commerciale e ambientale, hanno ulteriormente ristretto la possibilità di lotta chimica contro *P. ficus*. Recentemente, sono stati proposti mezzi di lotta alternativi agli insetticidi basati sulla confusione sessuale e sul controllo biologico mediante il rilascio di parassitoidi o predatori sui quali si è concentrato un sempre maggiore interesse (WALTON *et al.* 2006; LUCCHI *et al.*, 2018; COCCO *et al.*, 2014, 2018, 2021; DAANE *et al.*, 2020, 2021; RICCIARDI *et al.*, 2022; FRANCO *et al.*, 2022).

ESPERIENZE IN DIVERSE AREE VITICOLE ITALIANE

In diversi areali viticoli italiani si sono svolte alcune sperimentazioni basate sull'integrazione tra confusione sessuale e controllo biologico al fine di fornire delle proposte sulla possibilità di controllo di *P. ficus* mediante strategie a ridotto impiego di insetticidi. Una prima prova, svolta in Veneto, ha previsto il confronto tra quattro tesi, due caratterizzate dal rilascio di coccinellidi predatori, rispettivamente *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) e *Nephus conjunctus* (Wollaston) (Coleoptera: Coccinellidae), una tesi in cui è stato impiegato un insetticida (a base di spirotetramat) e una tesi testimone. Sono stati eseguiti quattro rilasci tra luglio e agosto. I campionamenti dei grappoli eseguiti a luglio e alla vendemmia hanno evidenziato come le infestazioni più elevate (4 ovisacchi per grappolo) siano state rilevate nel testimone. Le tesi caratterizzate dal rilascio di *C. montrouzieri* e dal trattamento con spirotetramat sono state caratterizzate dalle densità più basse del fitofago (inferiori a 0,5 ovisacchi per grappolo). Sono stati osservati livelli d'infestazione intermedi nella tesi con rilascio di *N. conjunctus* (circa 1,8 ovisacchi per grappolo). In una seconda prova, svolta in Friuli-Venezia Giulia, l'impiego di antagonisti naturali è stato associato all'applicazione della confusione sessuale. In un vigneto di oltre 20 ha coltivato a Pinot grigio e Glera, sono state poste a confronto le seguenti tesi: 1. confusione sessuale [ISONET® PF, BIOGARD - CBC Europe, Grassobbio (BG)]; 2. confusione sessuale e rilascio di *C. montrouzieri*; 3. confusione sessuale e rilascio di *Anagyrus vladimiri* Triapitsyn (Hymenoptera: Encyrtidae); 4. testimone (senza confusione sessuale e senza rilascio di antagonisti naturali). I rilasci di antagonisti naturali sono stati eseguiti a partire da metà giugno. Nei rilievi sul cordone e sui grappoli effettuati a luglio e alla vendemmia è stato riscontrato un livello d'infestazione più alto nel testimone (circa 5 ovisacchi per grappolo), mentre i migliori risultati si sono ottenuti combinando la confusione sessuale con il rilascio di nemici naturali, in particolare il predatore *C. montrouzieri* (circa 0,1 ovisacchi per grappolo).

Un approccio simile, con l'integrazione tra lanci di antagonisti naturali e applicazione della confusione sessuale, è stato utilizzato in uno studio pluriennale che si è svolto in Sicilia. In un vigneto di 8 ha di Pinot grigio completamente sottoposto a confusione sessuale (CheckMate, Suterra Inc., Bend, OR, USA), sono state poste a confronto tre tesi: 1. confusione sessuale; 2. confusione sessuale e rilascio di *C. montrouzieri*; 3. confusione sessuale e rilascio di *A. vladimiri*. I rilasci di antagonisti naturali sono stati eseguiti a partire da giugno su blocchi di 2-3 ettari di vigneto. Negli anni successivi non è stata applicata la confusione sessuale mentre si sono eseguiti lanci dei due antagonisti naturali secondo lo stesso schema sperimentale. Nel corso dei rilievi eseguiti nel primo anno, la percentuale di piante infestate (intorno all'80% a inizio stagione) è diminuita in tutte le tesi, in particolare nella tesi con confusione sessuale e lancio di *A. vladimiri* (riduzione dell'80% circa). Nel secondo anno di prova i livelli d'infestazione si sono mantenuti a livelli più bassi rispetto al precedente (< 20% di piante infestate) e non sono emerse differenze tra inizio e fine stagione. Nel terzo e ultimo anno si è assistito ad un generale aumento della presenza di piante infestate (55%) e sono emerse differenze tra inizio e fine stagione solo nella tesi in cui era stato lanciato *C. montrouzieri* (-30,7 %). Nel corso del triennio, a fronte di un rilascio di oltre 3000 adulti di coccinellidi, sono state osservate solo tre larve di predatori e solo nei primi due anni. Allo stesso tempo, *A. vladimiri* ha mostrato un'elevata capacità di dispersione dalle aree di rilascio riuscendo a raggiungere tassi di parasitizzazione prossimi al 100% nel primo anno, di circa il 10% nel secondo anno e di oltre il 40% nel terzo anno. Nel corso dell'indagine è emersa anche la presenza di larve di coccinellidi non oggetto di rilasci e afferenti al genere *Nephus*, che hanno contribuito in misura significativa al controllo delle popolazioni di *P. ficus*, soprattutto a livello del ceppo.

Un'ultima indagine è stata svolta in un vigneto di 500 ha di Cannonau e Vermentino in Sardegna, dove sono state poste a confronto le seguenti tesi: 1. rilascio di *A. vladimiri*; 2. rilascio di *A. vladimiri* e confusione sessuale [ISONET® PF, BIOGARD - CBC Europe, Grassobbio (BG)]; 3. confusione sessuale; 4. testimone. I rilasci di *A. vladimiri* sono stati eseguiti a partire da giugno. I rilievi sulla presenza di *P. ficus* hanno riscontrato una infestazione contenuta a inizio stagione soprattutto nelle parcelle testimone dove sono state osservate densità medie di poco superiori a 1 individuo per pianta; nelle altre parcelle in cui era prevista l'applicazione della confusione sessuale e i lanci di *A. vladimiri* è stata osservata una densità di infestazione con valori prossimi a 12 cocciniglie/pianta; valori intermedi sono stati registrati nelle parcelle con i soli lanci di *A. vladimiri* o con la sola confusione sessuale dove le densità sono state di circa 7 cocciniglie per pianta. Nel corso della stagione, l'infestazione è aumentata raggiungendo i valori massimi a metà giugno (confusione sessuale: 20,6 cocciniglie/pianta; rilascio di *A. vladimiri* e confusione sessuale: 27,9 cocciniglie/pianta; rilascio di *A. vladimiri*: 19,5 cocciniglie/pianta). Nelle parcelle testimone il livello d'infestazione è aumentato fino ai primi di agosto con un

massimo di circa 14 cocciniglie per pianta in linea con i valori osservati nelle altre tesi nello stesso periodo. Il danno alla raccolta ha avuto una forte variabilità tra le parcelle e non ha evidenziato differenze significative. In tutte le tesi è stata osservata la presenza di individui di *P. ficus* parassitizzati da *A. vladimiri* con tassi di parassitizzazione nelle cocciniglie sulle foglie che sono risultati più elevati nelle tesi con rilascio di *A. vladimiri* e applicazione della confusione sessuale, da soli o combinati, dove sono stati raggiunti durante l'estate tassi medi di parassitizzazione variabili dal 53 al 60%, a differenza del testimone dove il tasso si è attestato intorno al 44%.

DISCUSSIONE

L'integrazione tra confusione sessuale e lotta biologica nel controllo di *P. ficus* rappresenta una valida alternativa alla lotta chimica nei vigneti. Tuttavia, le esperienze qui presentate evidenziano come il rilascio di antagonisti naturali abbia fornito risultati non sempre coerenti. Nelle regioni del Nord Est, i migliori risultati sono stati ottenuti con il lancio di coccinellidi, in particolare di *C. montrouzieri*, e in Sicilia con i rilasci di *A. vladimiri*. Queste differenze suggeriscono che le prestazioni dei diversi antagonisti naturali possano dipendere da fattori ambientali che meritano di essere approfonditi. L'uso della tecnica della confusione sessuale è risultato efficace nel ridurre le propalazioni di *P. ficus* nei vigneti considerati ma è risultato particolarmente interessante l'effetto di contenimento associato all'attività di *A. vladimiri*. Questo parassitoide è riuscito a raggiungere elevati livelli di parassitizzazione fin dal primo anno di rilascio e sembra avvantaggiarsi della presenza della confusione sessuale sia per la diffusione nello spazio che per l'individuazione dell'ospite. Questi risultati, in linea con precedenti studi che evidenziano un effetto positivo della confusione sessuale sull'attività dei parassitoidi, potrebbero essere legati all'effetto kairomonale che il feromone di *P. ficus* esercita nei confronti di *A. vladimiri* (WALTON *et al.*, 2006; FRANCO *et al.* 2008; MANSOUR *et al.*, 2010; COCCO *et al.*, 2014; SHAPIRA *et al.*, 2018). Inoltre, i risultati dell'esperimento condotto in Sardegna suggeriscono come il destino dei rilasci di *A. vladimiri* possa essere influenzato dalla densità dell'ospite. Questo aspetto dovrebbe essere considerato con attenzione nell'individuazione delle densità di rilascio in funzione dei livelli d'infestazione.

In conclusione, le esperienze svolte in varie regioni italiane evidenziano come il controllo biologico e la confusione sessuale costituiscano degli strumenti che possono essere integrati con successo nelle strategie di lotta a *P. ficus*.

BIBLIOGRAFIA

BUONOCORE E., TROPEA GARZIA G., CAVALIERI V., MAZZEO G., 2008 – *Come distinguere le cocciniglie farinose*. - Infotere Agr., 16: 62-64.
CABALEIRO C., PESQUEIRA A. M., SEGURA A., 2022 – *Planococcus ficus and the spread of grapevine leafroll*

disease in vineyards: a 30-year-long case study in north-West Spain. - Eur. J. Plant Pathol., 163(3): 733-747.
CHIOTTA M. L., PONSONE M. L., TORRES A. M., COMBINA M., CHULZE S. N., 2010 – *Influence of Planococcus ficus on Aspergillus section Nigri and ochratoxin A incidence in vineyards from Argentina*. - Lett. Appl. Microbiol., 51: 212-218.
COCCO A., LENTINI A., SERRA G., 2014 – *Mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in vineyards using reservoir pheromone dispensers*. - J. Insect. Sci., 14: 144.
COCCO A., MUSCAS E., MURA A., IODICE A., SAVINO F., LENTINI A., 2018 – *Influence of mating disruption on the reproductive biology of the vine mealybug, Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae), under field conditions*. - Pest Manag. Sci., 74(12): 2806-2816.
COCCO A., PACHECO DA SILVA V. C., BENELLI G., BOTTON M., LUCCHI A., LENTINI A., 2021 – *Sustainable management of the vine mealybug in organic vineyards*. - J. Pest Sci., 94: 153-185.
DAANE K. M., COOPER M. L., MERCER N. H., HOGG B. N., YOKOTA G. Y., HAVILAND D. R., WELTER S.C., CAVE F.E., SIAL A.A., BOYD E. A., 2021 – *Pheromone deployment strategies for mating disruption of a Vineyard Mealybug*. - J. Econ. Entomol., 114(6): 2439-2451.
DAANE K. M., YOKOTA G. Y., WALTON V. M., HOGG B. N., COOPER M. L., BENTLEY W. J., MILLAR J. G., 2020 – *Development of a mating disruption program for a mealybug, Planococcus ficus, in vineyards*. - Insects, 11(9): 635.
DAANE K. M., ALMEIDA R. P., BELL V. A., WALKER J. T., BOTTON M., FALLAHZADEH M., MANI M., MIANO J. L., SFORZA R., WALTON V. M., ZAVIEZO T., 2012 – *Biology and management of mealybugs in vineyards*. In: Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions, Bostanian N. J., Isaacs R. and Vincent C. Ed., Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 271-308.
DALLA MONTÀ L., DUSO C., MALAGNINI V., 2001 – *Current status of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in the Italian vineyards*. - Boll. Zool. Agr. Bachic., 33: 343-350.
DUSO C., 1989 – *Indagini bioecologiche su Planococcus ficus (Sign.) nel Veneto*. - Boll. Lab. Entomol. agr. Filippo Silvestri, 46: 3-20.
FRANCO J. C., COCCO A., LUCCHI A., MENDEL Z., SUMA P., VACAS S., MANSOUR R., NAVARRO-LLOPIS V., 2022 – *Scientific and technological developments in mating disruption of scale insects*. - Entomol. Gen., 42(2): 251-273.
FRANCO J. C., SILVA E. B., CORTEGANO E., CAMPOS L., BRANCO M., ZADA A., MENDEL Z., 2008 – *Kairomonal response of the parasitoid Anagyrus spec. nov. near pseudococci to the sex pheromone of the vine mealybug*. - Entomol. Exp. Appl., 126(2): 122-130.
GEIGER C. A., DAANE K. M., 2001 – *Seasonal dynamics of Planococcus ficus (Homoptera: Pseudococcidae)*

- in San Joaquin Valley vineyards. - J. Econ. Entomol., 94(4): 1124-1134.
- GOSZCZYNSKI D.E., JOOSTE A.E.C., 2003 – *Shiraz disease (SD) is transmitted by the mealybug Planococcus ficus and associated with Grapevine virus A*. - Extended Abstracts 14th Meeting of ICVG, Locorotondo, Italy: 219.
- LENTINI A., SERRA G., ORTU S., DELRIO G., 2008 – *Seasonal abundance and distribution of Planococcus ficus on grapevine in Sardinia*. - IOBC/WPRS Bull., 36: 267-272.
- LONGO S., MAZZEO G., RUSSO A., 1991 – *Note bioetologiche su Planococcus ficus (Homoptera: Coccoidea Pseudococcidae) in Sicilia*. - Atti 16° Congresso nazionale italiano di Entomologia, Bari-Martina Franca, 23-28 settembre: 705-710.
- LUCCHI A., SUMA P., LADURNER E., IODICE A., SAVINO F., RICCIARDI R., COSCI F., MARCHESINI E., CONTE G., BENELLI G., 2019 – *Managing the vine mealybug, Planococcus ficus, through pheromone-mediated mating disruption*. - Environ. Sci. Pollut. Res., 26: 10708–10718.
- MANSOUR R., SUMA P., MAZZEO G., BUONOCORE E., GRISSA LEBDI K., RUSSO A., 2010 – *Using a kairomone-based attracting system to enhance biological control*. - J. Entomol. Acarol. Res., 42: 161–170.
- RICCIARDI R., BENELLI G., SUMA P., COSCI F., DI GIOVANNI F., ZENI V., CONTE G., MARCHESINI E., SAVINO F., LADURNER E., IODICE A., CANALE A., LUCCHI A., 2022 – *One device for two pests: A new double dispenser for mating disruption of Lobesia botrana and Planococcus ficus*. - Entomol. Gen., 42: 289-307.
- ROSCIGLIONE B., CASTELLANO M.A., 1985 – *Further evidence that mealybugs can transmit Grapevine virus A (GVA) to herbaceous plants*. - Phytopath. Medit., 24: 186.188.
- SFORZA R., BOUDON-PADIEU E., GREIF C., 2003 – *New mealybug species vectoring Grapevine leafroll-associated viruses-1 and-3 (GLRaV-1 and-3)*. - Eur. J. Plant Pathol., 109: 975-981.
- SHAPIRA I., KEASAR T., HARARI A. R., GAVISH-REGEV E., KISHINEVSKY M., STEINITZ H., SOFER-ARAD C., TOMER M., AVRAHAM A., SHARON R., 2018 – *Does mating disruption of Planococcus ficus and Lobesia botrana affect the diversity, abundance and composition of natural enemies in Israeli vineyards?* - Pest Manag. Sci., 74: 1837–1844.
- SHARON R., ZAHAVI T., SOKOLSKY T., SOFER-ARAD C., TOMER M., KEDOSHIM R., HARARI A. R., 2016 – *Mating disruption method against the vine mealybug, Planococcus ficus: effect of sequential treatments on infested vines*. - Entomol. Exp. Appl., 161: 65–69.
- TANNE E., BEN DOV Y., RACCAH B., 1989 – *Transmission of the corky-bark disease by the mealybug Planococcus ficus*. - Phytoparasitica, 17: 55.
- TSAI C. W., CHAU J., FERNANDEZ L., BOSCO D., DAANE K. M., ALMEIDA R. P. P., 2008 – *Transmission of Grapevine leafroll-associated virus 3 by the vine mealybug (Planococcus ficus)*. - Phytopathology, 98(10): 1093-1098.
- WALTON V. M., DAANE K. M., PRINGLE K. L., 2004 – *Monitoring Planococcus ficus in South African vineyards with sex pheromone-baited traps*. - Crop Prot., 23(11): 1089-1096.
- WALTON V. M., DAANE K. M., BENTLEY W. J., MILLAR J. G., LARSEN T. E., MALAKAR-KUENEN R., 2006 – *Pheromone-based mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in California vineyards*. - J. Econ. Entomol., 99: 1280–1290.
- WALTON V.M., DAANE K.M., BENTLEY W.J., MILLAR J.G., LARSEN T.E., MALAKAR-KUENEN R., 2006 – *Pheromone-based mating disruption of Planococcus ficus (Hemiptera:Pseudococcidae) in California vineyards*. - J. Econ. Entomol., 99: 1280–1290.
- WALTON V. M., PRINGLE K. L. 2004 – *Vine mealybug, Planococcus ficus (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), a key pest in South African vineyards. A review*. - S. Afr. J. Enol. Vitic., 25: 54-62.

CONTROLLO BIOLOGICO AUMENTATIVO DI COCCINIGLIE FARINOSE (RHYNCHOTA: PSEUDOCOCCIDAE) SU SCALA TERRITORIALE: EFFICACIA DEGLI ENTOMOFAGI E GESTIONE DELLE FORMICHE

GIOVANNI BURGIO^a - LUISA CASOLI^b - DONATO GRASSO^c - EMILIO GUERRIERI^d
SERENA MAGAGNOLI^a - MARCO PROFETA^b - MARTINA PARRILLI^e

^a Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (Distal), Alma Mater Studiorum Università di Bologna, viale Fanin, Bologna, Italia.

^b Consorzio Fitosanitario Provinciale di Reggio Emilia, via F. Gualerzi 32, 42124 Reggio Emilia, Italia.

^c Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Università di Parma.

^d Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, Consiglio Nazionale delle Ricerche, URT CNR IPSP – UNI-PO DISIT, Alessandria, Italia

^e Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (Distal), Alma Mater Studiorum Università di Bologna, viale Fanin, Bologna, Italia.

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Gli Pseudococcidi della vite: recenti acquisizioni su bio-ecologia, comportamento e controllo”. Seduta pubblica dell’Accademia, Conegliano, 18 ottobre 2024.

Area-wide augmentative biological control of mealybugs (Rhynchota: Pseudococcidae): natural enemy efficacy and ant management

An area-wide augmentative biological control program against vineyard mealybugs was conducted in a Lambrusco vineyard cultivation area in the Emilia-Romagna region (Northern Italy), releasing the parasitoid *Anagyrus vladimiri* and the predator *Cryptolaemus montrouzieri*. The biological control efficacy of these natural enemies was evaluated in pilot farms following the principles of the Integrated Pest Management adopted in the region. Results showed that the dominant mealybug was *Pseudococcus comstocki* (75% in 2019 and 86% in 2022), followed by *Planococcus ficus*. A significant increase in parasitism rate and predator density was recorded in release farms compared to the control ones. A positive correlation between *A. vladimiri* and *C. montrouzieri* biocontrol activity revealed a lack of competition between them. The increase of insecticide treatments in release farms did not result in a higher efficacy of control, but negatively affected the parasitism rate. The results highlight the need to combine a biological control strategy with an Integrated Pest Management approach based on the reduction of insecticide sprays, the use of the most selective active ingredients, and the proper timing of treatments.

In a sub-sample of the vineyard involved in the biological control program, the efficacy of sugar dispenser in reducing mealybugs infestation was tested. The sugar dispensers reduced mealybug infestations and increased the larval density of the predator *C. montrouzieri*. This field validation confirms the importance of ants in mealybug infestation dynamics, and the benefits of ant management in the context of integrated strategies against mealybugs.

KEY WORDS: *Pseudococcus comstocki*, biological control, *Anagyrus vladimiri*, *Cryptolaemus montrouzieri*, ant management

INTRODUZIONE

Le infestazioni di cocciniglie farinose su vite seguono complesse dinamiche multi-fattoriali, essendo influenzate da concimazione azotata, pratiche colturali, attività dei limitatori naturali e presenza delle formiche (DAANE *et al.*, 2012; COCCO *et al.*, 2015; MERCER *et al.*, 2025). Questi imenotteri sociali, in particolare, attraverso uno stretto mutualismo (trofobiosi) con le cocciniglie, possono favorire le infestazioni e/o ostacolare il controllo biologico. Il ruolo delle formiche nelle infestazioni di questi fitomizi mostra una tale rilevanza da aver stimolato recentemente molti studi, comprese proposte di strategie finalizzate a un vero e proprio *ant-management* (DAANE *et al.*, 2008; BELTRÀ *et al.*, 2017; PLATA *et al.*, 2023; SCHIFANI *et al.*, 2024).

In questo contributo, sono esposti gli esiti di un progetto di controllo biologico delle cocciniglie su vite mediante lanci aumentativi del parassitoide *Anagyrus vladimiri* Tri-

apitsyn (Hymenoptera Encyrtidae) e del predatore *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera Coccinellidae); sono riportati inoltre i risultati sull’utilizzo di un metodo di “distrazione alimentare” delle formiche, mediante l’uso di *sugar dispenser*, installati in alcune aziende pilota all’interno del programma di controllo biologico.

DESCRIZIONE PROGETTO CONTROLLO BIOLOGICO SU SCALA TERRITORIALE

Il progetto di controllo biologico su scala territoriale è stato promosso dall’azienda vitivinicola Cantine Riunite & CIV I lanci aumentativi di *A. vladimiri* (1500 adulti/ha) e *C. montrouzieri* (200-400 adulti/ha) sono stati eseguiti tra il 2019 e il 2021 nelle province di Modena e Reggio-Emilia (Fig.1), un’area viticola con prevalenza di Lambrusco (PARRILLI *et al.*, 2022). I lanci hanno interessato complessivamente una superficie a vigneto di

circa 2000 ettari, coinvolgendo prevalentemente aziende a produzione integrata. Nel 2019 (inizio dei lanci aumentativi), e nel 2022 (termine del programma di lancio), sono stati svolti campionamenti sui grappoli in prevenzione in aziende pilota rappresentative, con lo scopo di stimare la parassitizzazione sugli adulti di cocciniglia e la densità del predatore in vigneti sottoposti ai lanci degli entomofagi vs aziende di controllo. Parallelamente, è stata stimata la % di grappoli infestati in campo mediante campionamenti random. Tutti i conteggi entomologici sul numero di cocciniglie per grappolo, parassitizzazione e larve del predatore sono avvenuti in laboratorio, da campioni di grappoli prelevati in campo.

Gli entomofagi lanciati sono stati forniti dalla biofabbrica BIOPLANET (Cesena).

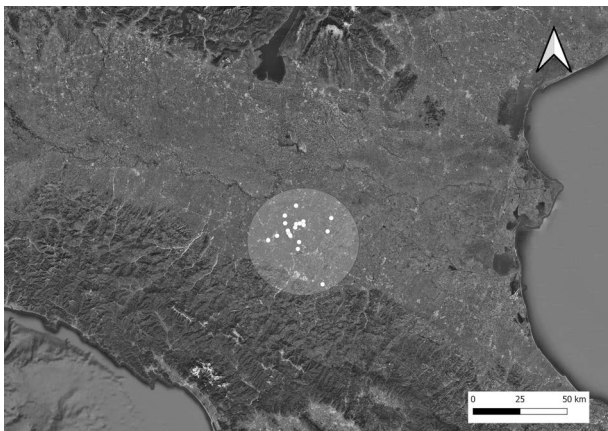


Fig. 1 - Mappa che mostra l'area viticola a Lambrusco (Modena e Reggio-Emilia) in cui è stato svolto il programma di controllo biologico aumentativo; i punti indicano le aziende in cui sono stati eseguiti i campionamenti entomologici nel 2019 e 2022.

USO DI DISPENSER PER LA DISTRIBUZIONE DI LIQUIDI ZUCCHERINI IN VIGNETO

L'efficacia dei *sugar dispensers* (=distributori di liquido zuccherino o nettari artificiali) (25% saccarosio) (Fig. 2) al fine di attuare la "distrattione alimentare", è stata testata in 8 aziende pilota all'interno del programma di controllo biologico. I dispenser sono stati costruiti artigianalmente (PARRILLI *et al.*, 2021) usando Falcon di 175 ml, di forma e dimensioni simili a quelli descritti in DAANE *et al.* (2008). Lo scopo dei dispenser era di distrarre le formiche fornendo loro una fonte alimentare, riducendo in questo modo i movimenti sulle viti e la loro cura nei confronti delle cocciniglie. Sono state testate due dosi di dispenser: 120/ha e 80/ha. Come controllo è stata utilizzata una porzione dello stesso vigneto non sottoposto a *sugar dispensers*.

RISULTATI

PROGETTO CONTROLLO BIOLOGICO SU SCALA TERRITORIALE

Dai campionamenti nelle aziende pilota infestate da cocciniglie farinose, è emerso che *P. comstocki* (Figg. 3 e



Fig. 2 - *Sugar dispenser* per la distribuzione di liquido zuccherino (25% saccarosio) al fine di attuare la "distrattione alimentare" delle formiche in vigneto. Il liquido zuccherino fuoriesce nella parte bassa, dotata di una retina di protezione. Nella foto sono visibili operaie di formiche attratte dal liquido zuccherino. Da PARRILLI *et al.* (2021).

5), o dall'aspetto tipicamente ingrossato della cocciniglia nella fase di "mummia". La parassitizzazione nelle aziende di lancio ha raggiunto in alcuni vigneti valori prossimi al 90%. In generale, la parassitizzazione complessiva stimata nelle aziende pilota è aumentata significativamente dal 2019



Figura 3 - *Pseudococcus comstocki*, specie predominante nelle aree infestate del Lambrusco • Figura 4 - Grappolo infestato da *Pseudococcus comstocki*.

al 2022, in seguito a tre anni di lanci aumentativi. Da segnalare un aumento nel tempo della parassitizzazione anche in aziende controllo, passando da valori pressoché nulli nel 2019 a valori prossimi al 30% (Burgio *et al.*, submitted).

La parassitizzazione è risultata correlata negativamente con il numero di insetticidi eseguiti nei vigneti pilota impiegati nella raccolta di dati ($p < 0,05$, test di correlazione per ranghi di Spearman). Gli insetticidi usati maggiormente nelle aziende pilota sono risultati Piri-proxifen e Spirotetramat, seguiti da Acetamiprid e

4) è risultata la specie dominante (75% nel 2019; 85% nel 2022) (Burgio *et al.*, submitted). Questa cocciniglia esotica ha aumentato notevolmente la sua diffusione nell'area viticola del Lambrusco (MO-RE) a partire dalla sua comparsa, segnalata ufficialmente nel 2018 (NANNINI *et al.*, 2022).

La parassitizzazione sugli adulti di cocciniglia, stimata in laboratorio raccogliendo grappoli infestati mediante campionamento sistematico, ha mostrato valori significativamente più elevati nelle aziende di lancio nei confronti delle aziende controllo, confermando l'efficacia dei lanci (BURGIO *et al.*, submitted). Gli individui parassitizzati sono stati riconosciuti dai fori di sfarfallamento (Fig.

Flupyradifurone. La buona selettività di Spirotetramat nei confronti di *A. vladimiri* è nota, mentre Spirotetramat e Acetamiprid sono estremamente tossici per questo parassitoide (MANSOUR *et al.*, 2023). L'infestazione di cocciniglie non è risultata correlata in alcun modo col numero di trattamenti eseguiti nei vigneti pilota, mostrando come un aumento del numero di insetticidi nel piano di difesa non sia associato a una migliore efficacia anti-cocciniglia ($p > 0,05$, test di correlazione per ranghi di Spearman) (BURGIO *et al.*, submitted).



Figura 5 - Cocciniglia farinosa col tipico foro di sfarfallamento che testimonia l'avvenuta parassitizzazione. • Fig. 6 - Larva di *Cryptolaemus montrouzieri*.

La densità delle larve (Fig. 6) del predatore è risultata significativamente più elevata nelle aziende di lancio rispetto al controllo (Fig. 7), confermando la riproduzione del predatore lanciato allo stato di adulto in campo; dall'incremento di densità del predatore è ipotizzabile quindi un aumento significativo del controllo delle cocciniglie. A differenza della parassitizzazione, la popolazione larvale del predatore non ha mostrato incrementi medi nel tempo (2019 vs 2022) e correlazioni negative con l'intensità dei trattamenti (Burgio *et al.*, submitted).

La correlazione positiva fra % di parassitizzazione e densità larvale del predatore ($p < 0,05$, test di correlazione per ranghi di Spearman), conferma la mancanza di competizione fra i due entomofagi lanciati in ogni azienda.

USO DI SUGAR DISPENSER PER LA DISTRIBUZIONE IN VIGNETO

L'uso dei *sugar dispenser*, ad entrambe le densità, ha mostrato una riduzione significativa della frequenza di grappoli infestati dalle cocciniglie (Fig. 8) (PARRILLI *et al.*, 2021; BURGIO *et al.*, submitted). La densità maggiore di *sugar dispenser* (120/ha) è stata caratterizzata da una maggior efficacia, anche se potenzialmente di complessa attuazione pratica; un discreto compromesso potrebbe essere rappresentato dalla densità più bassa (80/ha). I *sugar dispenser* hanno mostrato un aumento della densità larvale di *C. montrouzieri* (Fig. 9) sui grappoli (PARRILLI *et al.*, 2021), da cui si può dedurre un incremento dell'attività di controllo biologico svolta da questo predatore. A conferma dell'efficacia dei dispenser nel disincentivare l'attività delle formiche, riducendone l'aggressività, i movimenti delle formiche nella vegetazione del vigneto sono stati significativamente inferiori rispetto al controllo (PARRILLI *et al.*, 2021).

CONCLUSIONI

I lanci di entomofagi fra il 2019 e il 2022 sono risultati efficaci, mostrando un aumento della parassitizzazione nelle aziende di lancio rispetto alle aziende di controllo. L'aumento generale di parassitizzazione nel tempo (2019 vs 2022) di *A. vladimiri* potrebbe dipendere da una diffusione territoriale del parassitoide dovuta a un "effetto inoculativo" a seguito dei lanci su scala di paesaggio (circa 2000 ha), ma anche da un consolidamento della nuova associazione fra fitomizo e parassitoide, già comunque

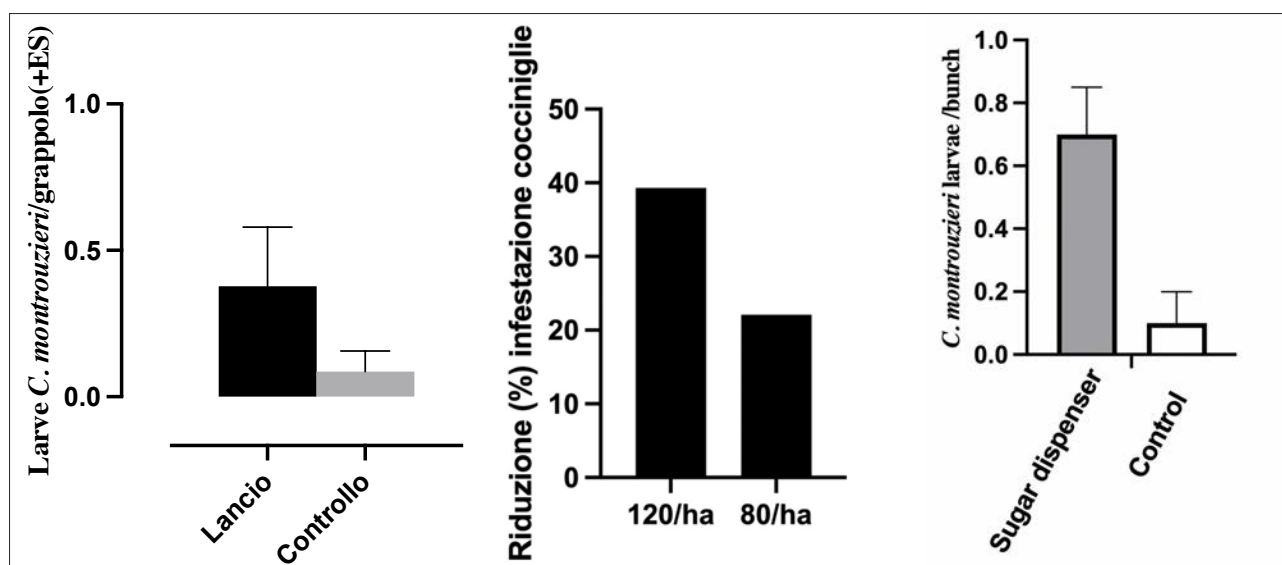


Fig. 7 - Densità media delle larve di *Cryptolaemus montrouzieri* nelle aziende di lancio e controllo. • Figura 8 - Riduzione normalizzata (%) dell'infestazione vs testimone, in parcelle di vigneto sottoposte al metodo di distrazione alimentare mediante *sugar dispensers* (PARRILLI *et al.*, 2021, modificato). • Figura 9 - Densità del predatore *Cryptolaemus montrouzieri* per grappolo (+es) in parcelle di vigneto sottoposte (*sugar dispenser*) o meno (controllo) al metodo di distrazione alimentare (il grafico mostra l'esito dell'utilizzo della dose di 120 *sugar dispensers*/ha). Da PARRILLI *et al.* (2021), modificato.

precedentemente segnalata (PARRILLI *et al.*, 2021; 2022; RICCIARDI *et al.*, 2021). Nei piani di difesa, l'aumento di trattamenti anti-cocciniglia non ha mostrato un aumento di efficacia della difesa, mentre ha causato una riduzione della parassitizzazione. L'attività di parassitizzazione fornita da *A. vladimiri*, e in generale il suo utilizzo, possono essere quindi integrabili in un piano di difesa purché si limiti il più possibile il numero di interventi insetticidi, puntando su un *timing* appropriato e sugli insetticidi più selettivi. *Cryptolaemus montrouzieri* ha risentito meno dell'uso di insetticidi, sia per una possibile minor sensibilità rispetto al parassitoide, che per la mancata sovrapposizione fra periodo di lancio di questo entomofago (metà luglio-agosto) e gli interventi di difesa insetticida (giugno-luglio). Questo predatore ha mostrato efficacia sulle infestazioni in atto, integrandosi all'attività del parassitoide. Sarà molto importante favorire questo "investimento" di entomofagi realizzato negli anni, con un piano di difesa a basso impatto basato su prodotti il più possibile selettivi e usati col *timing* appropriato; in questo modo, gli agenti di controllo biologico potranno contribuire alla difesa delle cocciniglie. Recentemente, questi due entomofagi sono stati inseriti nei disciplinari di produzione integrata della regione Emilia-Romagna. Il predatore, inoltre, può trovare un utilizzo pratico per lanci localizzati su colonie di cocciniglia. Sarebbe interessante, inoltre, diffondere e valutare l'uso di questi entomofagi anche in aziende biologiche.

Il metodo di *ant-management* validato in questo lavoro, seppur preliminare, se disponibile sul mercato potrebbe contribuire all'efficacia della difesa anti-cocciniglie su vite. Oltre al metodo esposto in questo contributo, ne esistono altri che possono contribuire a una gestione delle formiche (SCHIFANI *et al.*, 2024), allo scopo di per ottimizzare la lotta integrata anti-cocciniglia su vigneto e potenziare al contempo il contributo offerto dagli entomofagi. È necessario comunque validare ulteriormente questo metodo, o altri, di *ant-management* per ottimizzarne il potenziale di applicazione in campo e valutarne in maniera definitiva il possibile utilizzo.

RINGRAZIAMENTI

Prove finanziate dal "Progetto Emergenze fitosanitarie" (Rinova, Cesena). Un ringraziamento particolare al Dr. Claudio Biondi (Cantine Riunite & Civ) per aver favorito e sostenuto le attività del progetto nell'area viticola del Lambrusco (Modena e Reggio-Emilia). Si ringrazia la dott.ssa Laura Zavatta per la creazione della mappa in ambiente GIS.

BIBLIOGRAFIA

BELTRÀ A., NAVARRO-CAMPOS C., CALABUIG A., ESTOPÀ L., WÄCKERS F.L., PEKAS A., SOTO A., 2017 - *Association*

between ants (Hymenoptera: Formicidae) and the vine mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in table-grape vineyards in Eastern Spain. - Pest Manag. Sci., 73: 2473–2480.

COCCO A., MARRAS P., MUSCAS E., MURA A., LENTINI A., 2015 - *Variation of life-history parameters of Planococcus ficus (Hemiptera: Pseudococcidae) in response to grapevine nitrogen fertilization.* - J. Appl. Entomol., 139: 519–52.

DAANE K.M., COOPER M.L., SIME K.R., NELSON E.H., BATTANY M.C., RUST M.K., 2008 - *Testing baits to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards.* - J. Econ. Entomol., 101: 699–709.

DAANE K.M., ALMEIDA R.P., BELL V.A., WALKER J.T., BOTTON M., FALLAHZADEH M., MANI M., MIANO J.L., SFORZA, R., WALTON V.M., ZAVIEZO T., 2012 - *Biology and Management of Mealybugs in Vineyards.* In: Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches and Future Directions (N.J. Bostanian et al. eds): 271–307.

MANSOUR R., BAUER A.L., GOODARZI M., HOFFMANN C., 2023 - *Toxicity of Pesticides Applied in European Vineyards on Anagyrus vladimiri and Trichogramma evanescens, Parasitoids of Planococcus ficus and Lobesia botrana.* - Insects, 14: 907.

MERCER N.H., HAVILAND D.R., DAANE K.M., 2024 - *Mealybug, Planococcus ficus, reduction through pavement ant, Tetramorium immigrans, management using polyacrylamide hydrogel baits in vineyards.* - Crop Prot., 107078.

NANNINI R., BORTOLOTTI P.P., PRETI M., BOMBARDINI E., PASQUALINI E., MASETTI A., 2022 - *L'Informatore Agrario*, 16: 67-69.

PARRILLI M., PROFETA M., CASOLI L., GAMBIRASIO F., MASETTI A., BURGIO G., 2021 - *Use of sugar dispensers to disrupt ant attendance and improve biological control of mealybugs in vineyard.* - Insects, 12, 330.

PARRILLI M., CASOLI L., PROFETA M., CARAPEZZI C., BURGIO G., 2022 - *Augmentative biological control of vine mealybugs using Anagyrus vladimiri and Cryptolaemus montrouzieri: field evaluations of efficacy in Northern Italy.* - Proceedings of ISBCA 6 – D.C. Weber, T.D. Gariepy, and W.R. Morrison III, eds., 2.7-2.10.

PLATA Á., GÓMEZ-MARTÍNEZ M.A., BEITIA F.J., TENA A., 2023 - *Exclusion of Mediterranean ant species enhances biological control of the invasive mealybug Deltoctococcus aberiae in citrus.* - Pest Manag. Sci., 79: 2056–2065.

SCHIFANI E., GIANNETTI D., GRASSO D.A., 2024 - *Toward Sustainable Management of Ant-Hemipteran Mutualism in Agricultural Settings: A Comparison of Different Approaches.* - Crop Prot., 175: 106468.

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE, 15 NOVEMBRE 2024

Tavola Rotonda su:

CONTRIBUTI PER LA REALIZZAZIONE DI UN INDICE IN ENTOMOLOGIA URBANA

Coordinatore:

ACCADEMICO PASQUALE TREMATERRA

CONTRIBUTI ALLA REALIZZAZIONE DI UN INDICE IN ENTOMOLOGIA URBANA

PASQUALE TREMATERRA

Università degli Studi del Molise, via de Sanctis, 86100 Campobasso

E-mail: trema@unimol.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024

Contributions to an index in Urban Entomology

Urban entomology, a specialized branch of applied entomology, focuses on the intricate relationships between insects, arachnids, rodents, birds, other animals... and human-dominated landscapes, particularly in urban and suburban environments shaped by human activities. The collaboration between entomologists-zoologists, urban planners, and policymakers is crucial to achieving this balance and ensuring the well-being of both urban inhabitants and animal species in dynamic urban landscapes.

KEY WORDS: *Index, Urban Entomology, Pests, IPM*

INTRODUZIONE

La società dell’uomo si trasforma sempre più in una società urbana, con notevoli cambiamenti comportamentali e negli aspetti sociali, mettendo a dura prova il mantenimento dei livelli di qualità della vita nelle città.

La crescita delle aree metropolitane (oltre il 60-70% delle persone progetta di spostarsi in esse) determinerà una riduzione e frammentazione degli habitat naturali che, unita all’eterogeneità ambientale, porteranno al declino delle specie animali specializzate a favore di quelle generaliste. Da questa situazione traggono vantaggio insetti, aracnidi, roditori, uccelli e vari altri gruppi animali, che meglio si adattano ai luoghi degradati. Infatti, alcuni di essi sono diventati ospiti indesiderati o infestanti famosi, per la gravità dei danni che causano alle piante ornamentali, alle derrate alimentari, a vari manufatti artistici e diverse merci, oppure per la molestia e i disturbi sanitari di varia natura che arrecano all’uomo e agli animali domestici da compagnia (Figura 1).

La convivenza con tali ospiti rende necessaria una loro conoscenza approfondita, in modo da intervenire con efficacia nella prevenzione e nel controllo dei danni o dei fastidi che possono provocare. In questo senso le attività di gestione delle infestazioni, a tutela delle persone e degli animali da compagnia presenti nelle aree antropizzate, sono diventate un importante aspetto dei servizi pubblici e dei servizi privati a disposizione della società metropolitana (per le attività di disinfestazione e di igiene sanitaria in ambito urbano il mercato globale è stato valutato in 22,6 miliardi di dollari nel 2022 e si avuto un incremento che raggiungerà 42,5 miliardi di dollari nel 2023).

Nella Tavola Rotonda “Contributi alla realizzazione di un indice in Entomologia urbana” tenuta a Firenze il 15 novembre 2024, quale seduta pubblica dell’Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, sono state fornite informazioni a carattere generale sul paesaggio e sugli

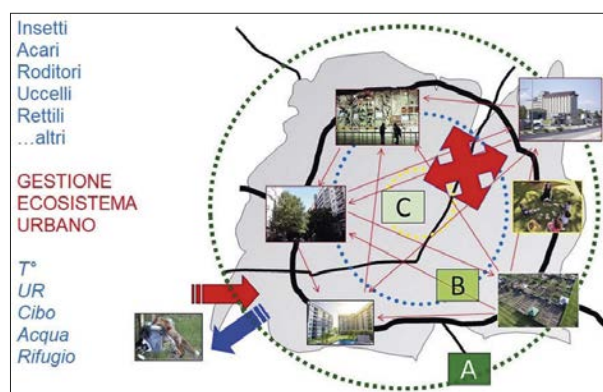


Fig. 1 – Principali gruppi animali ricorrenti in ambito urbano e periurbano, con indicazione dei parametri ambientali favorevoli alla loro permanenza; schema delle possibili interazioni tra alcuni ecosistemi territoriali.

animali infestanti o molesti più ricorrenti nelle aree antropizzate italiane, tramite l’intervento di specialisti che hanno posto alla discussione argomenti utili per la formazione di conoscenze integrate a favore di esperti capaci e responsabili nell’affrontare tale moderna problematica (cfr. capitoli successivi a questa breve introduzione).

Nel contesto generale, l’Entomologia urbana è emersa come una disciplina vitale nella complessa interazione tra animali e paesaggi dominati dall’uomo. Dalla identificazione e classificazione delle diverse specie, alla comprensione della loro ecologia, ci si addentra nelle relazioni ecologiche che danno forma agli ecosistemi urbani. Le strategie di gestione integrata (Integrated Pest Management, IPM), che comprendono l’adozione di metodi di controllo biologici, culturali, meccanici e chimici, forniscono un approccio olistico per affrontare in modo sostenibile le sfide legate a tale convivenza.

Riconoscendo sia le funzioni positive che gli impatti negativi dovuti alla presenza degli animali urbanizzati,

l'Entomologia può contribuire allo sviluppo sostenibile delle città promuovendo la biodiversità e impegnandosi nella sensibilizzazione dei cittadini. In modo particolare incorporando nella pianificazione urbana pratiche rispettose di tali animali, riducendo al minimo l'uso di biocidi chimici e promuovendo la consapevolezza di comunità.

L'Entomologia urbana non solo affronta le problematiche immediate dovute agli infestanti, ma contribuisce anche all'obiettivo più ampio di individuare ecosistemi urbani resilienti e armoniosi in cui coesistano uomini e animali. La collaborazione tra entomologi-zoologi, urbanisti e politici è fondamentale per raggiungere tale equilibrio e garantire il benessere degli abitanti e degli animali urbanizzati in un ambiente antropico dinamico.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- AA., VV., 1984 – *Entomologia urbana, atti 1° congresso 1984*. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Milano.
- BOLOGNA M.A., CARPANETO G.M., CIGNINI B., 1997 - *Atti 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana*. Fratelli Palombi Editori, Roma: 197 pp.
- CIGNINI B., MASSARI G., PIGNATTI S., 1995 - *L'Ecosistema Roma. Ambiente e Territorio*. Fratelli Palombi Editori, Roma: 292 pp.
- DOMENICHINI G., CROVETTI A., 1989 - *Entomologia urbana e sanità ambientale*. UTET, Torino: 253 pp.
- FRANKIE G.W., KOEHLER C.S., 1983 - *Urban Entomology: Interdisciplinary Perspectives*. Praeger, New York: 496 pp.
- ROBINSON W.H., 1996 - *Urban Entomology. Insect and Mites pests in the Human environment*. Chapman & Hall, London: 430 pp.
- ROBINSON W.H., 2005 - *Urban insects and Arachnids. A handbook of urban entomology*. Cambridge University Press, Cambridge: 472 pp.
- SÜSS L., 1990 - *Gli Intrusi, guida di entomologia urbana*. Edizioni Agricole, Calderini, Bologna: 226 pp.
- TREMATERRA P., 2016 - *Entomologia urbana applicata. Animali infestanti o molesti e loro gestione*. Aracne editrice int.le S.r.l., Ariccia: 189 pp.
- ZAPPAROLI M., 1997 - *Gli Insetti di Roma*. Fratelli Palombi Editori, Roma: 400 pp.

L'ECOSISTEMA URBANO

MARZIO ZAPPAROLI^a

^aDIBAF - Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana".

Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 15 novembre 2024

The urban ecosystem

The aim of this contribution is to present some concepts related to urban ecosystems, introductory to the topics discussed in the Round Table organized by Italian National Academy of Entomology, dedicated to pest animals in urban areas. The subject is very current since, already in 2014, at a global level, the percentage of the human population settled in urban areas was over 50%. Today, it is estimated that by 2050 this fraction will reach two thirds of the total. The concept of urban area as ecosystem is focused, apparently the only approach considered useful both for understanding the phenomenon of urbanization and for making cities more sustainable. A brief history of the studies on urban ecology is presented. The complex of relationships between the different elements and factors that characterize urban areas is highlighted, with particular attention to urban habitats mosaic and its rapid changes over time. The main differences between "natural" ecosystems and urban ecosystems are summarized. The two main models of urban development highlighted in Europe in recent decades, urban sprawl and urban sprinkling, the latter typical of urbanized areas in Italy, are recalled. Finally, in the framework of ecosystem services offered by urban environments, possible "disservices", an example of which is represented precisely by animal infestations, are considered.

KEY WORDS: *city, urban settlement, urban ecosystem, urban habitat mosaic, ecosystem services, urban ecosystem services, urban ecosystem disservices.*

INTRODUZIONE

Scopo di questo contributo è quello di trattare alcuni aspetti relativi agli ecosistemi urbani, utili per una migliore comprensione delle tematiche affrontate in questa Tavola Rotonda, organizzata dalla Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, dedicata agli animali infestanti negli ambienti dell'uomo, ai problemi che portano, al loro controllo e alla loro gestione, dagli invertebrati, con particolare riguardo agli insetti e agli artropodi più in generale, ai vertebrati terrestri, nella fattispecie uccelli e mammiferi.

Stando a stime pubblicate oramai più di dieci anni fa (RITCHIE *et al.*, 2024; ONU, World Urbanization Prospects, <https://engtechmag.wordpress.com/2014/07/22/un-world-urbanization-prospects-report-half-the-world-lives-in-urban-areas-an-annotated-infographic>), secondo le Nazioni Unite, più del 50% della popolazione mondiale vive oggi nelle aree urbane e tale frazione raggiungerà i 2/3 entro il 2050.

Generalizzando, continente per continente, mentre in Africa e in Asia la porzione di popolazione urbanizzata nel 2014 era ancora al di sotto del 50% (rispettivamente, 40,0% e 47,5%), altrove tale frazione era molto superiore al 60%, con valori compresi tra il 70% (Oceania: 70,8%) e l'80% circa (Europa: 73,4%; America centrale e meridionale: 79,5%), fino a raggiungere l'81,5% in America settentrionale.

L'urbanizzazione crea un enorme impatto sull'am-

biente attraverso numerosi processi. Tra questi, frammentazione ambientale, perdita di habitat, perdita di biodiversità, inquinamento, cambiamento climatico locale e globale, produzione di rifiuti, alterazione dei sistemi sociali ed economici sono tra i più importanti. Si tratta di uno tra i più grandi processi di cambiamento globale sul quale c'è oggi una grande attenzione e una vasta letteratura (v. ad es., CHAO, 2009; ELMQVIST, 2018). Sulla base di queste poche generali considerazioni, troviamo le motivazioni per occuparci di questi temi.

IL CONCETTO DI CITTÀ: APPUNTI PER UNA DEFINIZIONE

Per area urbana si può intendere un territorio di ampia estensione, con una densità di insediamento umano piuttosto elevata, il cui edificato può presentare soluzioni di continuità e al cui interno si distribuiscono, a breve distanza tra loro ed in modo eterogeneo, aree residenziali, aree industriali (manifatturiere), aree commerciali e aree di servizio, dando luogo a un sistema fortemente integrato di produzione, di distribuzione e di consumo (v. GISOTTI, 2007).

L'«area urbana» rappresenta, quindi, una estensione sia produttiva sia residenziale della «città» nei territori a essa limitrofi.

Secondo GISOTTI (2007), una città, termine generico, riferibile a realtà diverse, può essere definita in modi diversi. Vediamone qui di seguito alcuni:

- *centro abitato*: "Insieme di edifici delimitato lungo le

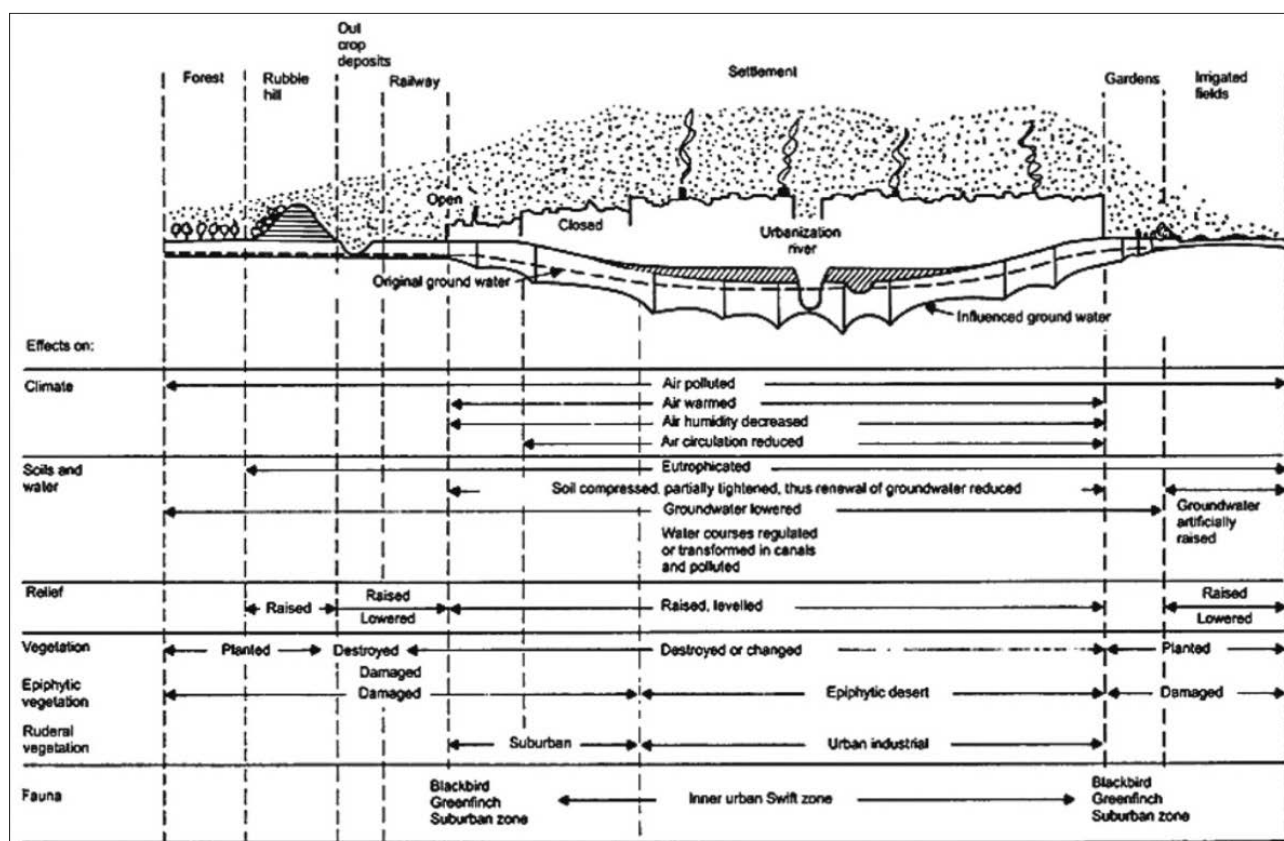


Fig. 1 - Schema teorico della variazione di alcune componenti biotiche e abiotiche di un ideale ecosistema urbano dell'emisfero settentrionale (da SUKOPP *et al.*, 1980).

vie d'accesso da appositi segnali di inizio e di fine; per insieme di edifici si intende un raggruppamento continuo, ancorché intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di 25 fabbricati e da aree di uso pubblico con accessi veicolari o pedonali sulla strada" (D.L. 36/2003, art. 2/t poi soppresso);

- **area urbana:** area comprendente una o più città centrali, nonché le aree adiacenti collegate economicamente a quelle città, le quali tengono occupate in attività non agricole una porzione maggiore o uguale al 65% delle loro popolazioni economicamente attive;
- **agglomerato:** (città, comuni limitrofi alla città): insediamenti con più di 10.000 abitanti (ONU);
- **agglomerato [urbano]:** "zona con una popolazione superiore a 250.000 abitanti o, se la popolazione è pari o inferiore a 250.000 abitanti, con una densità di popolazione per km² tale da rendere necessaria la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente a giudizio dell'autorità competente" (D.L. 351/99 [abrogato]);
- **area metropolitana:** città metropolitane, che possono avere forma ristretta, allargata, integrata, estesa.

In relazione a quest'ultimo punto, va ricordato che dal 1° gennaio 2015 è entrato in funzione in Italia (Legge 56/2024), un nuovo ente politico-amministrativo, la Città metropolitana, in sostituzione dell'Ente Provincia. L'istituzione di questo nuovo organismo di area vasta nacque dall'esigenza di adattare le strutture amministrative alle nuove dinamiche territoriali che hanno cambiato

l'immagine tradizionale della città e il rapporto tra città e campagna (CANGIALOSI *et al.*, 2023). Nel nostro Paese, le Città metropolitane sono attualmente 14. In questo nuovo quadro amministrativo, gli studi sulla biodiversità urbana e la sua conservazione sono diventati sempre più attuali (v. ad es. LAZZARINI e MAHMOUD, 2024).

Di grande interesse negli studi di ecologia urbana è la definizione dei limiti di una città, il confine, cioè, tra urbano e non urbano. Tale limite, attualmente, è assai difficile da individuare essendo spesso sfumato. E la sua identificazione dipende, spesso, dalle finalità della indagine per cui questo limite viene ricercato. Sempre secondo GISOTTI (2007), per l'individuazione dei limiti di una città possono essere seguiti differenti criteri. Tra gli altri, si possono ricordare:

- criteri storici (ad es.: la cinta muraria che, a prescindere dal periodo storico di riferimento e dalla struttura, consente di individuare un settore interno, il "centro storico", il dentro, e uno esterno, il fuori);
- criteri amministrativi (ad es., i limiti circoscrizionali (municipi), comunali, città metropolitana, altri enti (es., il caso di Roma Capitale), utili magari per analisi di tipo statistico);
- criteri funzionali (consentirebbero di individuare un'area metropolitana che dà luogo ad un sistema costituito dall'area urbana complessiva e dalle sue relazioni col territorio);
- criteri opportunistici (infrastrutture lineari; a questo proposito si possono ricordare gli studi naturalistici

condotti a Roma tra la fine degli anni Novanta del 900 e l'inizio degli anni 2000, sulla flora (CELESTI GRAPOW, 1995), sugli uccelli nidificanti (CIGNINI e ZAPPAROLI, 1996), sugli insetti (ZAPPAROLI, 1997), sugli anfibi e rettili (BOLOGNA *et al.*, 2003), in cui il Grande Raccordo Anulare, infrastruttura autostradale tangenziale che circonda completamente la città, è stata scelta come limite dell'area di studio per la sua significatività urbanistica a livello locale e nazionale.

- altri criteri (sociali, simbolici, forse meno rilevanti dal punto di vista naturalistico ma altrettanto significativi).

Dal punto di vista ecologico in senso stretto, SUKOPP *et al.* (1980) hanno messo bene in evidenza come il limite di una città sia praticamente impossibile da definire nettamente e sia più propriamente una questione di gradiente (Fig. 1). Esaminando le componenti biotiche e abiotiche di un'area urbana dell'Europa centrale questi autori hanno osservato come alcune caratteristiche dell'atmosfera (es., temperatura, umidità, circolazione dell'aria, distribuzione degli inquinanti) tendono a modificarsi procedendo dal centro verso la periferia, dove l'edificato tende a "rilassarsi". Ciò ha influenza sul clima urbano (meso- e microclima). Lo stesso vale per altri parametri, come la topografia del territorio, la struttura dei suoli, la composizione delle comunità vegetali e animali. Tale modello, benché schematico, sembrerebbe applicabile non solo alla Mitteleuropa ma estendibile anche ad altre aree geografiche dell'emisfero settentrionale (SUKOPP *et al.*, 1980).

Al di là della difficoltà di individuazione dei limiti di un centro abitato, gli urbanisti ci propongono anche una classificazione delle città (ad es. vedi GISOTTI, 2007). Ad esempio, in base alla grandezza (intesa come numero di abitanti), forse un po' semplicisticamente, possiamo distinguere:

- città piccola (5.000-20.000 abitanti);
- città media (20.000-100.000 ab.);
- città grande (100.000-1 milione ab.);
- città milionaria (>1 milione ab.).

Oltre al numero di abitanti, diversificano una grande città da una piccola:

- la presenza di un centro di affari (la cosiddetta *city*);
- la presenza di "gemmazioni" urbane (città satelliti).

In base alle funzioni e alle relazioni con altri centri e il territorio circostante, il concetto di città si espande, ampliando così anche la terminologia (a sua volta integrabile/sovrapponibile alla classificazione appena presentata). Ad esempio (GISOTTI, 2007), parla di:

- *metropoli*: ovvero un centro urbano di livello demografico e funzionale elevato, dove la quantità e la qualità dei servizi, il significato di centro decisionale politico, economico, finanziario, supera l'ambito urbano locale fino ad avere riflessi anche a livello internazionale (es., New York, Londra, Parigi, Bruxelles, Berlino, Mosca, Pechino, Roma);
- *conurbazione*: ovvero un gruppo di città associate tra

loro per formare un sistema gerarchico, che comprende centri con funzione e autonomia minori rispetto a quelle del centro principale ad esse limitrofo (es. Milano, Napoli);

- *megapololi*: ovvero conurbazione di conurbazioni, fasce urbanizzate molto complesse che comprendono anche aree rurali come ad es., in Italia, la megapololi padana (TURRI, 2000) o, negli USA, la megapololi atlantica e la megapololi pacifica (SACCHI, 2010).

LA CITTÀ COME ECOSISTEMA: BREVE RASSEGNA STORICA

A partire dagli anni Settanta del 900, l'approccio ritenuto più adeguato per definire (e studiare) un insediamento urbano è stato quello ecosistemico. I primi contributi in questo senso si devono ad autori statunitensi, come DETWYLER e MARCUS (1972) o STEARNS e MONTAG (1974), per citarne solo alcuni.

Secondo tali scuole, la città e, più in generale, l'ambiente urbano possono essere esaminati ed interpretati in una prospettiva dinamica, dove hanno un ruolo centrale (v. anche GISOTTI, 2007):

- le trasformazioni di origine antropica;
- le reazioni dell'ambiente "naturale" (biotico e abiotico) a queste trasformazioni, in particolare quelle per cui l'uomo può subire conseguenze negative (es., danni, malattie, stress).

L'approccio ecosistemico offrirebbe, inoltre, una base concettuale per individuare e capire:

- i meccanismi che regolano l'organizzazione e l'evoluzione delle aree urbane;
- i conflitti che ne possono conseguire;
- i correttivi necessari per migliorare la qualità dell'ambiente e della vita della cittadinanza in genere.

Successivamente ai lavori nordamericani si possono ricordare, a grandi linee, il contributo di numerosi altri ecologi e naturalisti. Tra questi, il giapponese Makoto Numata (1917-2001) (v. ad es. NUMATA, 1976). Il tedesco Herbert Sukopp, vivente, fondatore della cosiddetta "scuola berlinese" di ecologia urbana, attiva soprattutto tra la prima metà degli anni Settanta e l'inizio degli anni Novanta del 900 (KOWARIK, 2020). Tra i contributi più significativi di questo influente autore, si può ricordare un pionieristico studio sulla città di Berlino (SUKOPP, 1990).

In Italia, i primi tentativi di approccio ecosistemico allo studio delle città si devono a Manfredi Nicoletti (1930-2017), architetto della scuola romana, che diede avvio a interessanti collaborazioni tra studiosi di diverse discipline. In "L'ecosistema urbano" (NICOLETTI, 1978) troviamo infatti scritti di urbanisti, ecologi ed altri esperti (es., Roberto Vacca, Gianfranco Pratesi, Felice Ippolito, Urbano Cardarelli), finalizzati alla conoscenza e alla progettazione delle città come ecosistema, per migliorare la qualità della vita.

Negli anni Ottanta, fondamentale fu la figura di Valerio Giacomini (1914-1981), botanico, che, tra le molteplici iniziative scientifiche a lui legate, si ricorda la dire-

zione del “Progetto 11”, dedicato alla città di Roma, nell’ambito del programma Man & Biosphere dell’UNESCO (GIACOMINI e UBRIZSY SAVOIA, 1981).

scientifiche di base, sia da quello della loro applicazione pratica, attraverso approcci in cui le idee e i metodi delle scienze naturali, sociali, urbanistiche e politiche si inte-

grano sempre di più con la pianificazione, la progettazione e la gestione (ADLER e TANNER, 2013).

La collaborazione tra la cittadinanza residente nelle aree urbane e il mondo della ricerca al fine di sviluppare tematiche, metodologie e politiche gestionali si collega inoltre a iniziative di Citizen Science, oggi sempre più affermate (vedi ad es., SPEAR *et al.*, 2017; CAPPA *et al.*, 2022; REGA-BRODSKY *et al.*, 2022).

Per ulteriori approfondimenti sul progresso storico dell’Ecologia urbana si rimanda almeno a SUKOPP (2008), McDONNEL (2010), NILON (2024).

L’ECOSISTEMA URBANO

Fig. 2 - Possibili prospettive di studio degli ecosistemi urbani in chiave ecologica. La combinazione reciproca di tali prospettive è ritenuta fondamentale per comprendere il fenomeno dell’urbanizzazione e rendere le città più vivibili e sostenibili (da TANNER *et al.*, 2014).

Va aggiunto che l’idea di Giacomini è stata ripresa e ulteriormente sviluppata una ventina di anni più tardi da un gruppo di esperti composto da ecologi del paesaggio, ecologi vegetali, geologi, zoologi, geografi, urbanisti e psicologi, facenti capo all’Università di Roma Sapienza (BLASI *et al.*, 2008). Questo gruppo ha elaborato una proposta di Riserva della Biosfera Urbana per l’intero Comune di Roma, come modello potenzialmente applicabile a livello internazionale mai collaudato prima, che potesse rappresentare un esempio di cooperazione tra scienziati e decisori locali per preservare l’identità culturale e paesaggistica di un contesto urbano e periurbano di rilevanza internazionale (BLASI *et al.*, 2008).

Sempre in Europa, rappresentano validi punti di riferimento gli studi condotti a Varsavia (v. ad es., TROJAN 1982; CZECHOWSKI, 1986) e a Sofia (PENEV *et al.*, 2004). Ancora per quanto riguarda l’Italia, risale oramai ad una trentina di anni fa uno studio monografico su Roma (CIGNINI *et al.*, 1995).

Più recentemente, una approfondita analisi a livello globale che include però anche valutazioni regionali e locali su aree urbane in tutti i continenti, si trova in ELMQVIST *et al.* (2013). Tra i molti contributi sul significato dell’Ecologia urbana, si può ricordare quello di TANNER *et al.* (2014), ecologo a capo di un *team* costituito da diversi specialisti statunitensi, in cui si sintetizzano le differenti prospettive degli studi sugli ecosistemi urbani secondo una visione ecologica complessiva (Fig. 2). In base a tale approccio, l’ecologia urbana dovrebbe avere sempre maggiore importanza, sia dal punto di vista dell’incremento delle conoscenze

L’ecosistema urbano risulta quindi un concetto utile per descrivere le relazioni ambientali proprie delle aree urbane in seguito a (vedi ad es., SUKOPP, 1990; PIGNATTI, 1998; ADLER e TANNER, 2013):

- modificazioni locali del substrato (a loro volta legate a fenomeni, ad es., di urbanizzazione, di consumo di suolo, di alterazione dei cicli biogeochimici);
- modificazioni locali del clima (in seguito ad es., a fenomeni legati a mesoclima urbano, isola di calore, cambiamenti climatici);
- modificazioni locali del popolamento vegetale e animale (a loro volta legate ad es. a fenomeni di frammen-

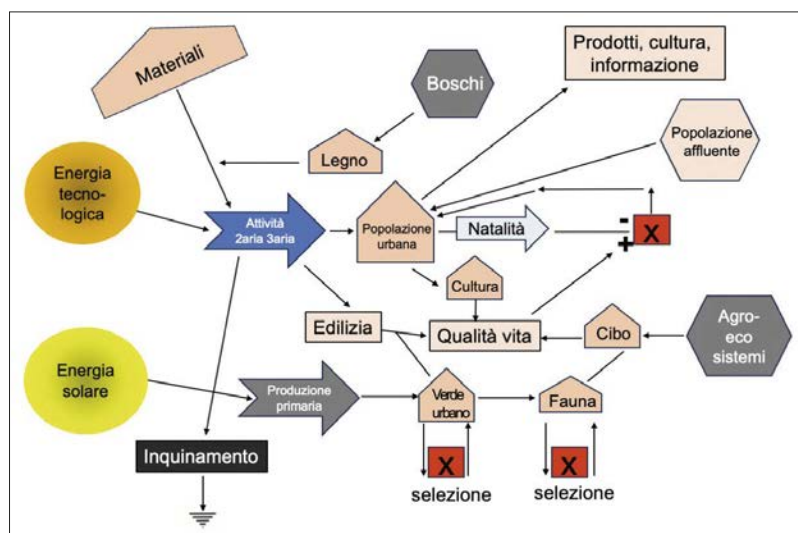


Fig. 3 - Diagramma concettuale di ecosistema urbano: un sistema altamente complesso, mantenuto grazie agli input energetici solare e tecnologici che consente la presenza e la crescita di una popolazione umana, sempreché si abbia un flusso esterno continuo di energia tecnologica, alimenti, individui (da PIGNATTI, 1995, 1998 modificato).

tazione ambientale, relittualità, impoverimento e banalizzazione delle cenosi, estinzioni, presenza di specie alloctone, ingresso di specie invasive).

Il modello generale di ecosistema urbano proposto tra i primi in Italia da PIGNATTI (1995, 1998): si definisce come un sistema altamente complesso, mantenuto grazie agli input energetici solare e tecnologici, che consente la presenza e la crescita di una popolazione umana, sempre che si abbia un flusso esterno continuo di energia tecnologica, alimenti e popolazione umana (Fig. 3).

Un altro modello generale, tra quelli più recenti, è quello proposto POYAT *et al.* (2007). Questo schema (Fig. 4) mette in evidenza le numerose interazioni che in questi ecosistemi esistono, o possono esistere, tra componente umana e componenti biologiche e fisiche. Esso include un ciclo di *feedback*, dalla componente sociale (umana) alla acquisizione di risorse (es., acqua, cibo, combustibili, materiali). La domanda di risorse è a sua volta in relazione con dinamiche sociali, qualità della vita, processi ecologici, dinamiche dissipative dei sistemi energetici.

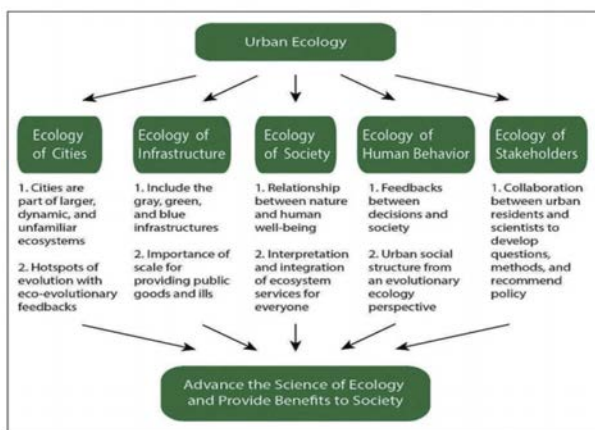


Fig. 4 - Diagramma concettuale di ecosistema urbano (da POYAT *et al.*, 2007). Interazioni tra componenti umane e biofisiche. La linea tratteggiata indica il confine (teorico) dell'ecosistema urbano. Il modello include un ciclo di *feedback*, dalla componente sociale (umana) all'acquisizione di risorse (acqua, cibo, combustibili, materiali, ...). La domanda di risorse è in relazione a dinamiche sociali, qualità della vita, processi ecologici, dinamiche dissipative.

Tra i numerosi altri schemi di ecosistema urbano disponibili in letteratura, si riporta anche quello di ENDLICHER *et al.* (2007). In questo caso (Fig. 5), vengono rappresentate le componenti di base dell'ecosistema urbano e i comparti ecologici del Pianeta qui maggiormente significativi; sono altresì riportate le interazioni tra i diversi comparti e gli impatti antropici più importanti (sei casi).

L'ecosistema urbano: principali caratteristiche

In base alla copiosa letteratura sull'argomento (v. ad es. NICOLETTI, 1978; SUKOPP, 1990; REBELE, 1994; CIGNINI *et al.*, 1995; PIGNATTI, 1998; WHEATER, 2002; PENEV *et al.*,

2004; GISOTTI, 2007; ADLER e TANNER, 2013; TANNER *et al.*, 2014; ELMQVIST, 2018; FRAISSINET, 2020), gli ecosistemi urbani presentano caratteristiche comuni, più o meno evidenti. Tali caratteristiche vengono qui di seguito elencate raggruppandole in due grossolane categorie, abiotiche e biotiche.

Caratteristiche governate da fattori abiotici

- alta concentrazione di edifici;
- territorio generalmente senza sensibili dislivelli;
- suoli impermeabilizzati, poco lavorati, con sostanza organica di origine antropica;
- meso- e microclima alterato (effetto isola di calore);
- elevato scambio di materiali (importazione/esportazione);
- importazione e convogliamento di grandi masse d'acqua;
- consumo di energia su grande scala;
- notevole produzione di rifiuti;
- inquinamento di acqua, aria, suolo;
- inquinamento acustico;
- inquinamento luminoso.

Caratteristiche governate da fattori biotici

- alta densità antropica;
- l'uomo come consumatore principale;
- alta eterogeneità ambientale (mosaico urbano);
- limitata produzione primaria (comparativamente agli ecosistemi extraurbani);
- alterata composizione quali/quantitativa delle biocenosi;
- riduzione della componente autoctona del popolamento animale e vegetale;

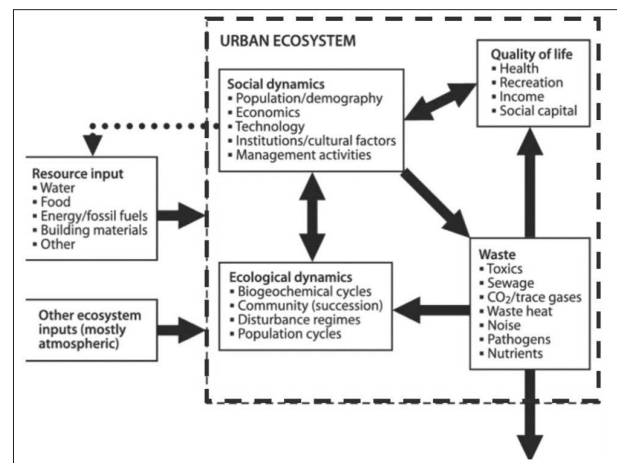


Fig. 5 - Rappresentazione schematica delle componenti di base dell'ecosistema urbano e dei comparti ecologici maggiormente coinvolti nelle aree urbane; sono altresì riportate le interazioni tra i diversi comparti e gli impatti antropici ritenuti più importanti (sei casi). Da ENDLICHER *et al.* (2007), modificato.

- alta presenza di specie alloctone e criptogeniche;
- colonizzazione da parte di specie vegetali e animali autoctone tolleranti ed opportuniste;
- popolazioni di specie animali commensali dell'uomo spesso numericamente consistenti;

- popolazioni animali e vegetali autoctone spesso con caratteristiche relittuali (numericamente poco rappresentate, isolate).

A queste caratteristiche potremmo aggiungere anche la scarsa attrattività estetica generalmente assunta dai paesaggi urbani contemporanei.

Il mosaico urbano

Una certa attenzione è stata data al cosiddetto “mosaico urbano”, inteso in termini di eterogeneità di habitat (MINELLI, 1974), non solo dal punto di vista spaziale ma anche temporale. I tentativi di classificazione degli habitat urbani sono stati finora pochi (WHEATER, 2002), forse proprio a causa di questa dinamica spazio/temporale, spesso assai veloce. Va tuttavia considerato che i manuali dedicati alla ecologia degli ambienti urbani individuano a grandi linee un certo numero di categorie (es., GILBERT, 1989: aree industriali, infrastrutture ferroviarie e stradali, parchi urbani, orti e impianti sportivi, cimiteri, giardini, boschi, ambienti acquatici).

Una classificazione gerarchica degli ambienti delle aree urbane in Italia è stata per la prima volta presentata da DINETTI *et al.* (1996), nell’ambito di indagini sugli uccelli nidificanti in aree urbane con il metodo dell’atlante. Secondo questa classificazione, in base a caratteristiche essenzialmente urbanistiche, nei capoluoghi italiani è possibile individuare almeno venti differenti tipologie ambientali (Tabella 1). Un altro tentativo di classificazione, limitatamente però ad un settore molto particolare, quello delle cavità artificiali, è stato effettuato a Roma (BISCONTI *et al.*, 2018). In base a criteri tipologici, geologici, di sviluppo e storici, in questa città sono state riconosciute una dozzina di differenti categorie di vuoti sotterranei di diversa origine e sviluppo. Tale classificazione, benché utile dal punto di vista applicativo, non è stata tuttavia mai usata nell’ambito dei pochi studi sinora realizzati sulla fauna di questi ambienti in Italia.

Ecosistemi “naturali” (o, per meglio dire, seminaturali) ed ecosistemi urbani presentano chiare differenze. Ad esempio, secondo GISOTTI (2007), gli ecosistemi “naturali”, in assenza di perturbazioni esterne, tendono, com’è ben noto (ODUM, 1971), ad uno stadio finale di climax, relativamente stabile e prevedibile. Negli ecosistemi urbani invece, l’azione antropica altera i rapporti fra le componenti biotiche e abiotiche; inoltre, l’evoluzione dell’ecosistema urbano è influenzata da decisioni mosse da interessi spesso diversi e talvolta conflittuali, in grado di portare grandi trasformazioni territoriali e urbanistiche in tempi rapidi. GISOTTI (2007) sottolinea inoltre come la qualità dell’ecosistema urbano sia tanto migliore quanto più le trasformazioni antropiche concorrono a realizzare condizioni di maggiore vivibilità e sviluppo socio-economico. Queste trasformazioni, però, in genere non garantiscono il raggiungimento di un equilibrio ottimale (climax) ma spesso tendono a innescare nuovi conflitti e problemi. Negli ecosistemi “naturali” i processi, i cam-

biamenti, sono “lenti”; diversamente, negli ecosistemi artificiali le trasformazioni possono essere estremamente rapide. Le scale temporali e spaziali, insomma, sono estremamente differenti. Infine, gli ecosistemi naturali hanno crescita (intesa come espansione) “limitata”, mentre negli ecosistemi urbani la crescita è illimitata.

Tabella 1 - Elenco schematico delle tipologie ambientali nelle aree urbane italiane (da DINETTI *et al.*, 1996).

1. Edificato

- 1.1. Centro storico
- 1.2. Abitato del dopoguerra
- 1.3. Zone ruderali e archeologiche
- 1.4. Zone industriali, commerciali, stazioni ferroviarie

2. Aree verdi alberate

- 2.1. Parchi di vecchio impianto (incl. cimiteri, orti botanici, ville storiche)
- 2.2. Parchi di recente impianto
- 2.3. Giardini alberati
- 2.4. Boschi periferici
- 2.5. Coltivi alberati (e.g., oliveti, frutteti, vigneti, piopeti)

3. Aree verdi non alberate

- 3.1. Coltivi aperti o a seminato (e.g., cereali, ortaggi)
- 3.2. Prati, aeroporti
- 3.3. Verde incolto (incl. scarpate stradali)
- 3.4. Macchia mediterranea

4. Zone umide

- 4.1. Corsi d’acqua con rive antropiche
- 4.2. Corsi d’acqua con rive [semi]naturali
- 4.3. Specchi d’acqua con rive antropiche
- 4.4. Specchi d’acqua con rive [semi]naturali

5. Coste marine

- 5.1. Coste marine antropizzate (e.g., porti, banchine, lungomare)
- 5.2. Coste marine [semi]naturali (e.g., falesie, spiagge)

6. Discariche

- 6.1. Discariche
 - 6.2. Cave
-

Circoscrivendo l’attenzione ad un comparto particolarmente significativo, il suolo, WHEATER (2002) elenca numerose differenze qualitative tra suoli urbani e suoli naturali. Ad es. i suoli urbani, per la loro forte artificializzazione, sono più compatti; hanno valori di pH più alti; hanno più bassa velocità di drenaggio; la concentrazione dei contaminanti è più alta, così come sono più alte le

temperature. Tutte queste caratteristiche possono portare numerose conseguenze ecologiche, creando problemi agli apparati radicali delle piante e alla fauna del suolo, alterando il ciclo dei nutrienti e favorendo la concentrazione delle sostanze tossiche.

L'URBANIZZAZIONE IN EUROPA

L'Europa è una delle aree senza dubbio più urbanizzate del mondo. Oggi, circa il 75% della popolazione europea vive nelle aree urbane e si stima che nel 2100 tale valore salirà a circa il 90%. Nel decennio 1990-2000 la superficie delle aree urbane in questo continente è aumentata del 5,4% (> 80.000 km²) (KRONENBERG *et al.*, 2013).

Particolarmente intenso è il fenomeno dell'*urban sprawl* (letteralmente, espansione urbana). L'Agenzia Europea per l'Ambiente definisce l'*urban sprawl* come “*The physical pattern of low-density expansion of large urban areas, under market conditions, mainly into the surrounding agricultural areas*” (EEC, 2006). Stando a BEHNISCH *et al.* (2022), in Europa, tra il 1990 e il 2014, l'*urban sprawl* è aumentato del 51%.

In base a ROMANO *et al.* (2016, 2017a), oltre all'*urban sprawl*, è possibile riconoscere in Europa anche un altro modello di dinamica abitativa, l'*urban sprinkling* (letteralmente, polverizzazione urbana).

L'*urban sprawl* è una dinamica che, almeno nei Paesi dell'Unione Europea, ha prevalso a partire dagli anni '50 del Novecento, soprattutto nei settori più centrali e settentrionali del continente. L'*urban sprinkling*, è invece un fenomeno del tutto diverso ed originale e si sarebbe realizzato a partire dagli stessi anni. Questo tipo di espansione urbanistica è stato per la prima volta individuato e descritto dalla scuola di Bernardino Romano (1957-2023), urbanista dell'Università de L'Aquila (v. ad es. ROMANO *et al.*, 2016, 2017a, 2017b, 2017c, 2019) ed è ritenuto tipico del territorio italiano e di pochi altri Paesi dell'Europa mediterranea (ROMANO *et al.*, 2016, 2017a).

I due modelli sono apparentemente simili ma presentano caratteristiche ben riconoscibili.

Nel primo caso i) la struttura urbana viene pianificata mediante zonizzazione del territorio, in questa situazione si ha prevalenza di case uni/bifamiliari; ii) il tessuto urbano è omogeneo nella sua destinazione d'uso; iii) gli interventi per la realizzazione di spazi collettivi e di servizi avviene attraverso azioni coordinate, spesso con architettura coerente con quella degli edifici; iv) valori di densità edilizia: 10-20 edifici/ha; v) densità di abitanti: 0,2-0,5/

ha; vi) percentuale di copertura del suolo: 10-30%.

Nel secondo caso i) lo sviluppo edilizio del territorio è parzialmente spontaneo o soggetto a scarso controllo da parte delle autorità; l'edificato “moderno” si aggiunge a una struttura storica preesistente; ii) il tessuto urbano è eterogeneo per dimensione degli edifici e uso, con miscuglio di funzioni, rurali, residenziali, industriali, terziarie; iii) nessun intervento coordinato sul territorio per la realizzazione di spazi collettivi e servizi; iv) valori di densità edilizia: 0,1 edifici/ha; v) densità di abitanti: 0,2-0,5 abitanti/ha; vi) percentuale di copertura: 0,5-1%.

Secondo ROMANO *et al.* (2016, 2017c), l'*urban sprinkling* determina paradossalmente impatti severi sul territorio, di difficile gestione e recupero, dato che i valori di densità edilizia, densità di abitanti e di percentuale di copertura che gli sono caratteristici, sono più bassi di quelli che si osservano nell'*urban sprawl*.

La polverizzazione urbanistica determina infatti costi energetici altissimi (sia nel settore pubblico che in quello privato); gli impegni tecnico-economici-organizzativi nella erogazione dei servizi diventano estremamente gravosi (a causa delle distanze tra i nuclei urbani e della bassissima densità demografica degli stessi); le conseguenze sulla qualità del paesaggio e degli ecosistemi, i quali vengono alterati, frammentati e consumati in tutti i loro settori anche quelli più isolati, sono drastiche (anche irreversibili).

In Italia, secondo ROMANO *et al.* (2017b), nel periodo 1950-1959 l'estensione delle aree urbanizzate copriva meno del 2% del territorio nazionale; nel periodo 2000-2015 l'espansione dell'*urban sprinkling* ha portato tale valore a circa il 10% (Fig. 6).

I SERVIZI ECOSISTEMICI: SIGNIFICATO NELLE AREE URBANE

L'espressione “servizi ecosistemici”, vale a dire i benefici che le popolazioni umane direttamente o indirettamente traggono dalle funzioni degli ecosistemi, richiama l'attenzione sulla dipendenza dell'umanità dalla Natu-

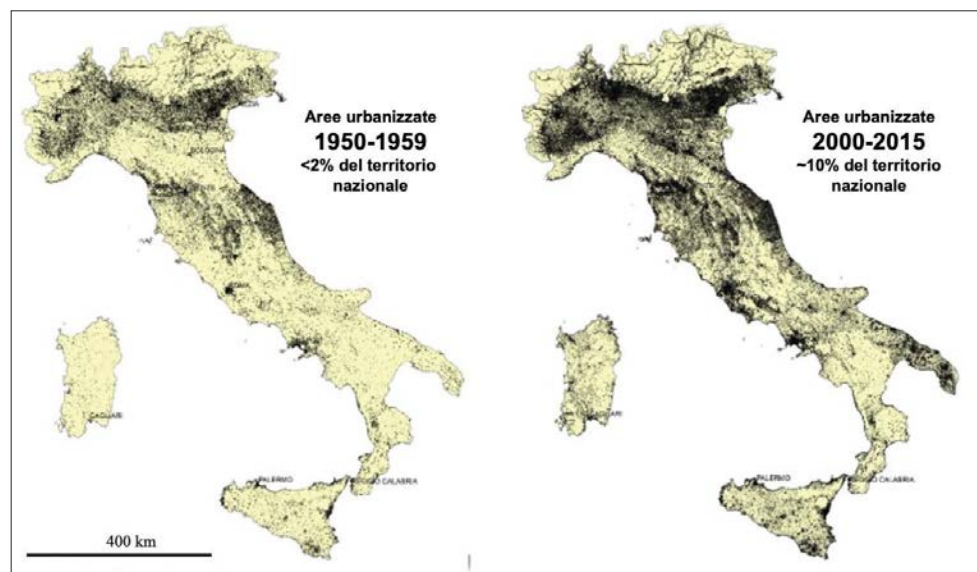


Fig. 6 - Estensione (in nero) delle aree urbanizzate in Italia, periodo 1950-1959 e 2000-2015 (da ROMANO *et al.*, 2017b).

ra. Il concetto è piuttosto complesso poiché tiene conto delle differenti dimensioni spaziali e temporali che tali benefici possono avere. Alcuni servizi, infatti, possono realizzarsi localmente e possono quindi attuarsi in tempi relativamente brevi, altri invece si compiono su scale spaziali ampie e tempi più lunghi. Le dinamiche, quindi, sono molto eterogenee e i benefici che ne derivano arrivano in tempi più o meno lunghi. Esistono, inoltre, varie definizioni di “servizio ecosistemico”¹ e, com’è noto, la locuzione è riconducibile a quattro categorie funzionali – i servizi di rifornimento, i servizi di regolazione, i servizi di supporto e i servizi culturali – denotando un ulteriore elemento di complessità del concetto (MEA, 2003).

Per servizi ecosistemici urbani si possono intendere quella parte di benefici che gli ecosistemi forniscono alla nostra specie, nei contesti in cui essa è più direttamente a contatto con tali servizi, ovvero nelle aree più fortemente antropizzate e, quindi, in quelle urbane (v. GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.*, 2013). In questa accezione, è evidente che il concetto di ecosistema va inteso in senso piuttosto ampio, ossia riferito non solo a contesti naturali, ma anche a quelle situazioni seminaturali, più o meno discontinue, in parte residue di ambienti una volta ben conservati, più estesi e continui e caratterizzanti un territorio successivamente urbanizzato, oggi non ancora del tutto compromessi dall’azione antropica. In questo quadro hanno anche senso gli ambienti artificiali, che frequentemente si incontrano nelle aree urbane, come parchi, aree verdi in genere, fino agli ecosistemi agricoli.

Dei 17 servizi ecosistemici elencati da COSTANZA *et al.* (1997), una dozzina sono ritenuti di interesse nelle aree urbane, poiché il servizio fornito è più direttamente a contatto con l’uomo (v. anche GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.*, 2013). Di seguito si elencano alcuni esempi di questi servizi, insieme alle loro componenti ecosistemiche, intese come microhabitat, habitat, ambienti particolari e organismi che possono fornirli o a cui sono legati:

- produzione alimentare (es., aree agricole nei settori periferici e semiperiferici delle città);
- mitigazione del dilavamento (es., suolo e vegetazione);
- regolazione della temperatura dell’aria (es., alberature stradali, aree verdi, vegetazione in genere);
- riduzione dell’inquinamento acustico (es., barriere vegetali, alberature stradali, siepi);
- depurazione di aria e suolo e assorbimento degli inquinanti (es., idem come sopra, foglie, fusti, apparati radicali);
- mitigazione di eventi meteorologici estremi (es., alberature, zone umide, bacini di esondazione);
- smaltimento di acque reflue e di nutrienti (es., zone umide, bacini di esondazione);
- regolazione del clima globale, sequestro e stoccaggio del carbonio (es., vegetazione, boschi urbani);
- impollinazione e dispersione dei semi (es., insetti, uc-

celli, chiropteri e altri impollinatori e dispersori);

- valori culturali, ricreativi e di sviluppo cognitivo (es., parchi storici, aree archeologiche, aree verdi, zone umide, aree protette);
- conservazione della biodiversità (es., idem come sopra).

Alcune sintesi forniscono dati quantitativi, anche di ordine finanziario. Ad esempio, GÓMEZ-BAGGETHUN e BARTON (2013: Tab. 3) riportano studi in cui è stato calcolato il valore economico degli ecosistemi urbani (aree verdi *s.l.*) per quanto attiene servizi di depurazione dell’aria, di mitigazione delle temperature e di contrasto al cambiamento climatico globale. Tali studi, condotti in particolare negli USA (varie città) e in Europa (Barcellona) tra la fine degli anni ‘80 del 900 (1988) e l’inizio degli anni 2000 (2009), riportano stime che, benché non siano facilmente sintetizzabili e confrontabili tra loro poiché espresse in modi diversi (ad albero, ad ettaro, ad unità abitative, all’anno, ecc.), risultano dell’ordine di milioni di dollari USA. Per altri esempi si rimanda a GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.* (2013) e HAASE *et al.* (2014).

DISSERVIZI ECOSISTEMICI URBANI

Nel quadro concettuale dei servizi ecosistemici, sia in ambito (semi)naturale, sia urbano (artificiale), una tematica interessante ma ancora poco sviluppata è quella dei cosiddetti “disservizi” ecosistemici, ovvero quelle funzioni degli ecosistemi che, al contrario dei servizi, hanno effetti più o meno direttamente negativi sull’umanità e sul suo benessere (VON DÖHREN e HAASE, 2015; LYYTIMÄKI e SIPILÄ, 2009).

La maggior parte degli studi su questo argomento è stata svolta in Europa occidentale e negli Stati Uniti; altre indagini sono state condotte in Sud America, Africa australe, Asia e Australia. Tali ricerche sono state effettuate soprattutto in aree a maggior impatto antropico, in particolare nelle aree agricole e, appunto, negli ecosistemi urbani.

Il tema dei disservizi ecosistemici è complesso e necessita di essere ulteriormente approfondito, tuttavia, almeno per quanto riguarda le aree urbane, è interessante osservare che GÓMEZ-BAGGETHUN *et al.* (2013) elencano almeno sette differenti funzioni ecosistemiche che possano recare disservizi (effetti negativi) alla popolazione umana.

In base a studi condotti tra la seconda metà degli anni Novanta del 900 e la prima decade degli anni 2000, questi disservizi, escludendo quelli che hanno impatto generico, danno luogo a impatti negativi che sono stati raggruppati in quattro categorie:

1. impatto ecologico: funzioni ecosistemiche che influenzano negativamente le strutture, i processi e/o i servizi ecosistemici che di conseguenza forniscono (ad es., aumento del consumo di acqua; emissione di composti

1 - *Ecosystem services*: tra gli anni ‘90 del Novecento e l’inizio del XXI secolo, sono state pubblicate diverse definizioni di servizi ecosistemici, qui ne sono riportate alcune: “The benefits human populations derive, directly or indirectly, from ecosystem functions” (COSTANZA *et al.*, 1997); “The capacity of natural processes and components to provide goods and services that satisfy human needs, directly or indirectly” (DE GROOT *et al.*, 2002); “Components of nature, directly enjoyed, consumed, or used to yield human well-being” (BOYD e BANZHAF, 2007).

organici volatili (VOC) da parte delle alberature stradali, l'emissione di gas serra da parte di zone umide artificiali);

2. impatto economico: funzioni ecosistemiche che influenzano negativamente le strutture e i processi (socio-)economici (es., danni causati alle infrastrutture dalla crescita delle piante e dall'attività microbica, costi di manutenzione e controllo della vegetazione urbana; danni alle derrate);
3. impatto sulla salute: funzioni ecosistemiche che producono problemi di igiene pubblica (es., allergie causate da specie vegetali, malattie trasmesse da insetti vettori in zone umide, attacchi da parte di animali; specie invasive; specie infestanti, es. muridi);
4. impatto psicologico: funzioni ecosistemiche che producono ansia e disagio tra la cittadinanza (es., escrementi animali, es. storno *Sturnus vulgaris*; piccione domestico, *Columba livia* f. *domestica*; vegetali in decomposizione, spazi liberi densamente vegetati).

Ad alcune delle categorie di impatto sopra elencate possono essere riferiti esempi che sono alla base di conflitti di convivenza tra la nostra specie ed altre specie che meritano attenzione, come le specie di interesse conservazionistico. È il caso degli insetti saproxilici, la cui presenza può mettere a rischio la stabilità di alberi vetusti nelle ville storiche e, di conseguenza, l'incolumità delle persone. Tali casi devono essere affrontati con molta attenzione, attraverso uno stretto coordinamento tra mondo della ricerca ed enti di gestione, affinché si giunga a strategie che salvaguardino sia le esigenze di protezione, sia quelle di fruizione (v. ad es. CARPANETO *et al.*, 2010).

Al tema della conservazione della natura delle aree urbane è altresì legato il discorso sulle reti ecologiche e sulla loro pianificazione in paesaggi, anche urbani, frammentati (v. BATTISTI, 2004; BATTISTI e ROMANO, 2007). Si tratta di una tematica molto ampia e di largo interesse che però non sarà sviluppata in questa sede. Si ricorda comunque che la presenza di aree verdi e corridoi ecologici in aree urbane risponde ad esigenze ecologiche, culturali, sociali e altro ancora. Per quanto riguarda gli aspetti ecologici, queste aree hanno un importante ruolo a livello ecosistemico, tuttavia, a livello di comunità e di popolazione il loro significato nella conservazione di specie sensibili alla frammentazione ambientale, meriterebbe attenta valutazione al fine di evitare la “falsa illusione” che l'urbanizzazione non sia poi così impattante sui sistemi biologici (BATTISTI *et al.*, 2002).

Altre categorie di impatto a cui possono essere ricondotti i disservizi ecosistemici, sono invece legate alla presenza di specie animali infestanti. Questo aspetto è oggetto di studio di una disciplina particolare, l'Entomologia urbana. Questa materia, intesa come scienza applicata, si occupa non solo di insetti ma anche di altri gruppi di invertebrati come crostacei, aracnidi, nematodi, molluschi, che infestano le aree urbane e che danno luogo a problemi al verde ornamentale, alla salute umana e degli animali domestici, alle derrate, ai coltivi. L'Entomologia urbana applicata moderna estende il proprio campo

di interesse anche ai vertebrati terrestri, come uccelli e mammiferi, gruppi che includono specie problematiche o infestanti. Si tratta di una materia di punta oramai da diversi anni anche in Italia (v. TREMATERRA e SÜSS, 2007; TREMATERRA, 2016). Ad essa è dedicata la Tavola Rotonda oggetto di questo volume e ai cui interventi specifici si rimanda per un loro maggiore approfondimento.

RIASSUNTO

Scopo di questo contributo è quello di presentare alcuni concetti relativi agli ecosistemi urbani, introduttivi alle tematiche trattate in questa Tavola Rotonda, dedicata alle specie animali di interesse pratico in questi ambienti. L'argomento è di grande attualità poiché, già nel 2014, a livello mondiale, la percentuale della popolazione umana insediata in aree urbane era superiore al 50%. In base alle ultime stime, entro il 2050 tale frazione raggiungerà i due terzi del totale. Viene focalizzato il concetto di area urbana come ecosistema, apparentemente l'unico approccio considerato utile sia per la comprensione del fenomeno dell'urbanizzazione, sia per rendere le città più vivibili e sostenibili. Viene presentata una sintetica evoluzione storica degli studi di ecologia urbana. Viene messo a fuoco il complesso di relazioni tra i diversi elementi e fattori che caratterizzano le aree urbane, con particolare riguardo al mosaicizzazione ambientale e ai suoi rapidi cambiamenti nel tempo. Vengono riassunte le principali differenze tra ecosistemi “naturali” ed ecosistemi urbani. Vengono ricordati i due principali modelli di sviluppo dell'ambiente urbano evidenziati in Europa negli ultimi decenni: l'*urban sprawl* e l'*urban sprinkling*, quest'ultimo tipico delle aree urbanizzate in Italia. Infine, nel quadro dei servizi ecosistemici che offrono alcuni ambienti urbani, vengono considerati alcuni possibili “disservizi” di cui le infestazioni animali ne costituiscono un esempio rilevante.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Collega Accademico prof. Pasquale Trematerra (Università del Molise) per l'invito ad aprire la Tavola Rotonda dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia “Contributi alla realizzazione di un indice in Entomologia urbana” (Firenze, 15 novembre 2024) con il presente contributo.

BIBLIOGRAFIA

- ADLER F.R., TANNER C.J., 2013 – *Urban ecosystems: ecological principles for the built environment*. - Cambridge University Press, Cambridge, viii+353 pp.
- BATTISTI C., 2004 – *Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica*. - Provincia di Roma, Assessorato alle politiche ambientali, Agricoltura e Protezione civile, 248 pp.
- BATTISTI C., AMORI G., GIPPOLITI S., 2002 – *Ecologia urbana e biologia della conservazione sono conciliabili?* - Atti dei Convegni Lincei, 182. Ecosistemi urba-

- ni. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 221-228.
- BATTISTI C., ROMANO B., 2007 – *Frammentazione e connettività: dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale*. - CittàStudi Edizioni, Torino, 441 pp.
- BEHNISCH M., KRÜGER T. JAEGER J.A.G., 2022 – *Rapid rise in urban sprawl: global hotspots and trends since 1990*. - PLOS Sustainability and Transformation, 1, e0000034, 30 pp.
- BISCONTI F., CIOTOLI G., FERRI G., FIORE R., LANZINI M., NISIO S., PAOLUCCI R., 2018 – *Primo contributo alla realizzazione della carta delle cavità sotterranee di Roma*. - SIGEA-Società Italiana di Geologia Ambientale, Geologia dell'Ambiente, 4: 15-22.
- BLASI C., CAPOTORTI G., MARCHESE M., MARTA M., BOLOGNA M.A., BOMBI P., BONAIUTO M., BONNES M., CARRUS G., CIFELLI F., CIGNINI B., DIERNA S., ESPOSITO G., FUNICIELLO R., GIANNARINI I., GRATANI L., GRILLOTTI DI GIACOMO M.G., MANES F., ORLANDI F., ZAPPAROLI M., SCARASCIA MUGNOZZA G.T., 2008 – *Interdisciplinary research for the proposal of the Urban Biosphere Reserve of Rome Municipality*. - Plant biosystems, 142 (2): 305-312.
- BOLOGNA M.A., CAPULA M., CARPANETO G.M., CIGNINI B., MARANGONI M., VENCHI A., ZAPPAROLI M., 2003 – *Anfibi e Rettili a Roma - Atlante e guida delle specie presenti in città*. - Comune di Roma, Assessorato Ambiente, Assessorato Cultura. Stilgrafica srl, Roma, 112 pp.
- BOYD J., BANZHAF S., 2007 – *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units*. - Ecological economics, 63: 616-626.
- CANGIALOSI D., TRONU D., VACCA D., 2023 – *Profili delle città metropolitane: molte fragilità ma anche potenzialità dei contesti urbani*. - ISTAT, Focus, Statistiche. Ufficio Stampa, 23 pp. <https://www.istat.it/wp-content/uploads/2023/02/Statistica-Focus-Citt%C3%A0-Metropolitane.pdf> [consultato il 13.02.2025]
- CAPPA F., FRANCO S., ROSSO F., 2022 – *Citizens and cities: Leveraging citizen science and big data for sustainable urban development*. - Business Strategy and the Environment, 31 (2): 648-667.
- CARPANETO G.M., MAZZIOTTA A., COLETTI G., LUISELLI L., AUDISIO P., 2010 – *Conflict between insect conservation and public safety: the case study of a saproxylic beetle (Osmoderma eremita) in urban parks*. - Journal of Insect Conservation, 14: 555-565.
- CELESTI GRAPOW L., 1995 – *Atlante della Flora di Roma. La distribuzione delle piante come indicatore ambientale*. - Argos edizioni, Roma, 222 pp.
- CIGNINI B., ZAPPAROLI M. (Eds), 1996 – *Atlante degli uccelli nidificanti a Roma*. - Fratelli Palombi Editori, Roma, 126 pp.
- CIGNINI B., MASSARI B., PIGNATTI S. (Eds), 1995 – *L'ecosistema Roma. Ambiente e Territorio*. - Fratelli Palombi Editori, Roma, 292 pp.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R., PARUELO J., RASKIN R., SUTTON P., VAN DEN BELT M., 1997 – *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. - Nature, 387 (15): 253-260.
- CZECHOWSKI W., 1986 – *Zoocoenological study in Warsaw*. - Memorabilia Zoologica, 41: 3-10.
- DAKHIA K., BEREZOWSKA-AZZAG E., 2009 – *Towards an urban ecosystem sustainability assessment tool*. - In: Second International Conference on Whole Life Urban sustainability and its Assessment, pp. 722-733.
- DE GROOT R.S., WILSON M.A., BOUMANS R.M., 2002 – *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. - Ecological economics, 41(3): 393-408.
- DETWYLER T.R., MARCUS M.G. (Eds), 1972 – *Urbanization and environment. The physical geography of the city*. - Duxbury Press, Belmont, California, USA, VIII+287 pp.
- DINETTI M., CIGNINI B., FRAISSINET M., ZAPPAROLI M., 1996 – *Urban ornithological atlases in Italy*. - Acta Ornithologica, 31: 15-23.
- ELMQVIST T. (Ed.), 2018 – *The urban planet: Knowledge towards sustainable cities*. - Cambridge University Press, xxx+482 pp.
- ELMQVIST T., FRAGKIAS M., GOODNESS J., GÜNERALP B., MARCOTULLIO P.J., McDONALD R.I., PARNELL S., SCHEWENIUS M., SENDSTAD M., SETO K.C., WILKINSON C. (Eds), 2013 – *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*. - Springer Dordrecht, XXVI+755 pp.
- ENDLICHER W., LANGNER M., HESSE M., MIEG H.A., KOWARIK I., HOSTERT P., KULKE E., NÜTZMANN G., SCHULZ M., VAN DER MEER E., WESSOLEK G., WIEGAND C., 2007 – *Urban ecology-definitions and concepts*. In: Langner M., Endlicher W. (Eds), *Proceedings of the Conference Shrinking Cities: Effects on Urban Ecology and Challenges for Urban Development* (1 ed., pp. 1-16). Peter Lang, Frankfurt am Main, 16 pp.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2006 – *Urban sprawl in Europe: the ignored challenge*. - EEA Report No 10/2006, European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf/view
- FRAISSINET M., 2020 – *L'ecosistema urbano*. In: Fraissinet M., Capasso S. (Eds), *Terzo atlante degli Uccelli nidificanti e svernanti nella città di Napoli (2014-2019)*. Monografia ASOIM, 17: 59-61.
- GIACOMINI V., UBRIZSY SAVOIA A., 1981 – *L'ecosistema città con particolare riguardo al Progetto 11 del Programma MAB/UNESCO sulla città di Roma*. - In: Moroni A., Ravera O., Anelli A. (Eds), *Ecologia. Atti del I Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia*, Ed. Zara, Bologna, Salsomaggiore Terme, 21-24 ottobre 1980: 68-72.
- GILBERT O.L., 1989 – *The ecology of urban habitats*. - Chapman & Hall, London, xi+369 pp.
- GISOTTI G., 2007 – *Ambiente urbano. Introduzione all'ecologia urbana. Manuale per lo studio e il governo della città*. - Flaccovio Editore, Palermo, 515 pp.
- GÓMEZ-BAGGETHUN E., BARTON D.N., 2013. – *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*. -

- Ecological economics, 86: 235-245.
- GÓMEZ-BAGGETHUN E., GREN A., BARTON D.N., LANGEMEYER J., MCPHEARSON T., O'FARRELL P., ANDERSSON E., HAMSTEAD Z., KREMER P., 2013 – *Urban Ecosystem Services*. In: Elmqvist T., Fragkias M., Goodness J., Güneralp B., Marcotullio P.J., McDonald R.I., Parnell S., Schewenius M., Sendstad M., Seto K.C., Wilkinson C. (Eds), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, Springer Dordrecht, 175-251.
- HAASE D., LARONDELLE N., ANDERSSON E., ARTMANN M., BORGSTRÖM S., BREUSTE J., GOMEZ-BAGGETHUN E., GREN A., HAMSTEAD Z., HANSEN R., KABISCH N., KREMER P., LANGEMEYER J., RALL E.L., MCPHEARSON T., PAULEIT S., QURESHI S., SCHWARZ N., VOIGT A., WURSTER D., ELMQVIST T., 2014. – *A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation*. - *Ambio*, 43: 413-433.
- KOWARIK I., 2020 – *Herbert Sukopp - an inspiring pioneer in the field of urban ecology*. - *Urban Ecosystems*, 23(3): 445-455.
- KRONENBERG J., TEZER A., HAASE D., COLDING J., 2013 – *Regional Assessment of Europe*. In: Elmqvist T., Fragkias M., Goodness J., Güneralp B., Marcotullio P.J., McDonald R.I., Parnell S., Schewenius M., Sendstad M., Seto K.C., Wilkinson C. (Eds), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*, Springer Dordrecht, pp. 275-278.
- LAZZARINI L., MAHMOUD I., 2024 – *A survey on urban biodiversity in the territorial plans of three metropolitan cities in Italy*. – In: Zazzi M., Campagna M. (Eds), *Metodi e strumenti innovativi nei processi di governo del territorio*. Atti della XXV Conferenza Nazionale della Società Italiana degli Urbanisti, sessione 2, “Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio”, Cagliari, 15-16 giugno 2023, pp. 205-212.
- LYYTIMÄKI J., SIPILÄ M., 2009 – *Hopping on one leg- the challenge of ecosystem disservices for urban green management*. - *Urban Forestry & Urban Greening*, 8: 309-315.
- MCDONNELL M., 2011 – *The history of urban ecology: an ecologist perspective*. - *Urban ecology: Patterns, processes and applications*, 9: 5-13.
- MEA, 2003 – *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. - *Millennium Ecosystem Assessment, Report*, Island Press, 212 pp.
- MINELLI A., 1974 – *Studio preliminare della fauna di Treviso con riflessioni sulla fauna degli ambienti urbani*. - Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Classe di scienze matematiche e naturali, 132: 115-156.
- NICOLETTI M. (Ed.), 1978 – *L'ecosistema urbano*. - Edizioni Dedalo, Bari, 408 pp.
- NILON C.H., 2024 – *History of urban biodiversity research and practice*. In: Nilon C.H., Aronson M.F.J. (Eds), *Routledge Handbook of Urban Biodiversity*. Routledge, pp. 9-18.
- NUMATA M., 1976 – *Methodology of urban ecosystem studies*. In: *Science for Better Environment. Proceedings of the International Congress on the Human Environment (Hesc)*, Kyoto, 1975, Elsevier, pp. 221-228.
- ODUM E.P., 1971 – *Fundamentals of ecology*. - Third Edition, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1-574.
- PENEV L., NIEMELÄ J., KOTZE D.J., CHIPEV N., 2004 – *Ecology of the City of Sofia. Species and Communities in an Urban Environment*. - Pensoft, Sofia-Moscow, viii+456 pp.
- PIGNATTI S., 1995 – *L'ecosistema urbano*. *Accademia Nazionale dei Lincei, Contributi*, 90: 137-167.
- PIGNATTI S., 1998 – *L'ecosistema urbano*. In: Bologna M.A., Carpaneto G.M., Cignini B. (Eds), *Atti del 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana*, Roma, 12 aprile 1997, Fratelli Palombi Editori Roma, pp. 15-20.
- POUYAT R.V., PATAKI D.E., BELT K.T., GROFFMAN P.M., HOM J., BAND L.E., 2007 – *Effects of urban land-use change on biogeochemical cycles*. - *Terrestrial ecosystems in a changing world*, 45-58.
- REBELE F., 1994. – *Urban ecology and special features of urban ecosystems*. - *Global ecology and biogeography letters*, 4: 173-187.
- REGA-BRODSKY C.C., ARONSON M.F., PIANA M.R., CARPENTER E.S., HAHS A.K., HERRERA-MONTES A., KNAPP S., KOTZE D.J., ALLYSON B., SALISBURY A.B., · WILLIAMS N.S.G., · JUNG K., MACGREGOR-FORS I., · MACIVOR J.S., · FRANK A. LA SORTE F.A., NILON C.H., CARPENTER E.-S., HAHS A.K., · LEPCZYK C.A., · MORETTI M., · KATTI M., SHEEL V., THREFFALL C.G., NILON C.H., 2022 – *Urban biodiversity: State of the science and future directions*. - *Urban Ecosystems*, 25 (4): 1083-1096.
- RITCHIE H., SAMBORSKA V., ROSER M., 2024 – *Urbanization*. - Published online at OurWorldinData.org. Da: '<https://ourworldindata.org/urbanization>' [Risorsa Online consultata il 9 febbraio 2025].
- ROMANO B., ZULLO F., CIABÒ S., FIORINI L., MARUCCI A., 2016 – *Il modello italiano di dispersione urbana: la sfida dello sprinkling*. - *Sentieri Urbani*, 8(19): 15-22.
- ROMANO B., ZULLO F., FIORINI L., CIABÒ S., MARUCCI A., 2017a – *Sprinkling: An approach to describe urbanization dynamics in Italy*. - *Sustainability*, 9(1), 97: 17 pp.
- ROMANO B., ZULLO F., FIORINI L., MARUCCI A., CIABÒ S., 2017b – *Land transformation of Italy due to half a century of urbanization*. - *Land use policy*, 67: 387-400.
- ROMANO B., ZULLO F., FIORINI L., CIABÒ S., MARUCCI A., 2017c – *Dallo sprawl allo sprinkling*. In: Munafò M. (Ed.), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. ISPRA, Rapporti 248/2016, pp. 70-73.
- ROMANO B., FIORINI L., MARUCCI A., 2019 – *Italy without urban 'sprinkling'. A Uchronia for a country that needs a retrofit of its urban and landscape planning*. - *Sustainability*, 11(12): 16 pp.
- SACCHI A.L., 2010 – *I sistemi urbani nordamericani*. XXI secolo, Istituto della Enciclopedia Italiana fondato da G. Treccani. - *Enciclopedia Italiana fondato da G. Treccani*, 4: 111-118.
- SPEAR D.M., PAULY G.B., KAISER K., 2017 – *Citizen sci-*

- ence as a tool for augmenting museum collection data from urban areas. - *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5: 86.
- STEARNS T., MONTAG F.W., 1974 – *The Urban ecosystem: A holistic approach*. - Community Development Series, 14. Hasted ed., Chicago, USA, 217 pp.
- SUKOPP H. (Ed.), 1990 – *Stadtökologie. Das Beispiel Berlin*. - D. ReimerVerlag, Berlin, 455 pp.
- SUKOPP H., 2008. – *On the early history of urban ecology in Europe* - In: Marzluff, J.M., Shulenberger E., Endlicher W., Alberti M., Bradley G., Ryan C., Simon U., ZumBrunnen C. (Eds), *Urban Ecology*. Springer, Boston, MA, pp. 79-97.
- SUKOPP H., BLUME H.P., ELVERS H., HORBERT M., 1980 – *Contribution to urban ecology of Berlin (West)*. - In: 2nd European ecological symposium, excursions guide. Berlin: Technische Universität Berlin.
- TANNER C.J., ADLER F.R., GRIMM N.B., GROFFMAN P.M., LEVIN S.A., MUNSHI-SOUTH J., PATAKI D.E., PAVAO-ZUCKERMAN M., WILSON W.G., 2014 – *Urban ecology: advancing science and society*. - *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12 (10): 574-581.
- TREMATERRA P., 2016 – *Entomologia urbana applicata*. - Aracne Editrice, Ariccia, 185 pp.
- TREMATERRA P., SÜSS L., 2007 – *Prontuario di Entomologia merceologica e urbana. Con note morfologiche, biologiche e di gestione delle infestazioni*. - Aracne Editrice, Ariccia, 164 pp.
- TROJAN P., 1982 – *General problems of synanthropization*. - *Memorabilia Zoologica*, 37: 3-146.
- TURRI E., 2000 – *La megalopoli padana*. - Marsilio editore, Venezia, 310 pp.
- VON DÖHREN P., HAASE D., 2015 – *Ecosystem disservices research: A review of the state of the art with a focus on cities*. - *Ecological indicators*, 52: 490-497.
- WHEATER C.P., 2002 – *Urban habitats* - Routledge, London & New York, 204 pp.
- ZAPPAROLI M. (Ed.), 1997 – *Gli Insetti di Roma*. - Fratelli Palombi Editori, Roma, Comune di Roma, Assessorato Ambiente, 365 pp.

INVERTEBRATI INTRUSI NELLE ABITAZIONI E NEGLI AMBIENTI COLLETTIVI: GLI ESAPODI

RINALDO NICOLI ALDINI

Di.Pro.Ve.S., Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, rinaldo.nicoli@unicatt.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Invertebrates intruders in homes and collective environments: the hexapods

Houses and collective hospitality rooms can host hexapods and other arthropods of varying importance for humans. This contribution, after some general notes regarding ecology and harmfulness, with particular reference to the possible hygienic-sanitary implications, briefly reviews the main systematic groups of hexapods sometimes present in such environments. More extensive mention is made of some human parasites, such as bedbug, lice, fleas, about which the attention paid by scholars since ancient times, up to the advent of microscopy, is also underlined. Additional notes also concern insects which frequent our buildings, such as synanthropic cockroaches and some of the most frequent and representative beetles and moths which can infest our supplies in pantries or which can damage other types of goods.

KEY WORDS: *Hexapoda, Insecta, household pests, blood-sucking insects, economic and hygienic-sanitary importance.*

INTRODUZIONE, GENERALITÀ

Gli invertebrati che possono vivere nelle nostre abitazioni e nelle strutture di ospitalità collettiva come asili, scuole, residenze per anziani ecc., o li frequentano periodicamente, contraendo con l’uomo rapporti biologici talora molto stretti, sono complessivamente una folta schiera comprendente non solo gli Esapodi – tra i quali in prevalenza Insetti *sensu stricto*, la componente più ampia e diversificata –, ma anche altri gruppi di Artropodi. Tra di essi, in primis Ragni (Fig. 1) e Acari, più occasionalmente altri Aracnidi come Scorpioni (Fig. 1) e Pseudoscorpioni; secondariamente Miriapodi Chilopodi (Fig. 1) e anche, in particolari situazioni, Diplopodi, e Crostacei Isopodi (EBELING, 1978; DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; DOMENICHINI, 1997; SÜSS, 1990; DINDO e CAMPADELLI, 1993; TREMATERRA, 2016). Il tema degli Esapodi nei suddetti ambienti, anche come nostri

diretti parassiti, meriterebbe di essere affrontato da più punti di vista: a) Gruppi sistematici e specie coinvolte; b) Presenza costante o invece temporanea, ma quantomeno stagionale, in tali ambienti (trascurando quindi intrusioni occasionali e accidentali, come quelle, sia pure ripetitive, dovute ad attrattività serale di fonti luminose artificiali); c) Eterogeneità delle condizioni ambientali: caratteristiche strutturali di edifici, materiali costruttivi, clima e microclima, disponibilità di fonti alimentari adeguate, presenza di animali da compagnia, vasi con terriccio e piante d’appartamento; d) Nicchia trofica, dalla quale dipendono qualifiche diverse: esapodi o insetti delle derrate *s. str.*; micofagi, xilofagi, zoo- e fitosaprofagi, necrofagi, detritivori, ‘detriticoli’ e ‘spazzini’, parassitoidi, predatori, ecc.; o invece insetti ematofagi; e) Innocuità o invece dannosità in generale e, in primis, rischi igienico-sanitari (EBELING, 1978; DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; SÜSS, 1990;



Fig. 1 - Aracnidi e Miriapodi in ambiente domestico. Da sinistra a destra, Ragni: *Pholcus* sp. (Pholcidae) sulla tela; Scorpioni: *Euscorpheus italicus* (Euscorpidae) femmina con neonati sul dorso; Chilopodi: *Scutigera* sp. (Scutigerae) nell’atto di predare un piraloideo. (Foto R. Nicoli Aldini).

TREMATERRA e SÜSS, 2007; TREMATERRA, 2016). A proposito di questi ultimi rischi, hanno rilevanza soprattutto gli ectoparassiti ematofagi permanenti o temporanei dell'uomo, tra cui pidocchi e pulci. L'importanza sanitaria di alcune specie è infatti dovuta principalmente all'eventuale specifico ruolo – per certe malattie è soprattutto un ricordo del passato, nei Paesi più civilizzati –, di vettori biologici di microrganismi patogeni o elminti parassiti per la nostra specie. Senza dimenticare altri esapodi, attratti dalla presenza di derrate e alimenti nei medesimi ambienti: tra di loro vi possono essere veicoli meccanici di patogeni contaminanti, come nel caso di blatte e mosche, o fonti di allergeni diffusi sulle derrate e nell'ambiente, e causa di allergie per contatto, inalazione, ingestione; episodi allergici talora molto gravi, per diretta inoculazione di allergeni nella nostra cute, si possono avere qualora imenotteri aculeati nidificanti presso o entro i nostri locali di vita pungano individui predisposti e sensibilizzati. Si può aggiungere la contaminazione chimica e/o particellare di derrate derivante da secreti o escreti anche tossici, esuvie, carcasse e frammenti di infestanti; di quella chimica può essere responsabile anche l'uomo, in caso di uso improprio di sostanze antiparassitarie.

Tabella 1 - Principali gruppi di Esapodi presenti stabilmente o stagionalmente in abitazioni e ambienti di ospitalità collettiva. L'assetto sistematico segue MINELLI & BOLOGNA (2023).

Hexapoda

Collembola

Insecta

Zygentoma

Orthoptera

Blattodea (inclusi Isoptera)

Hemiptera

Psocodea (incl. Anoplura)

Hymenoptera

Coleoptera

Lepidoptera

Mecoptera (incl. Siphonaptera)

Diptera

Sono da citare infine l'entomofobia e le cosiddette 'parassitosi immaginarie' insorgenti sulla base di un terreno individuale predisposto, e di competenza psichiatrica (DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; SÜSS, 1990; DOMENICHINI, 1998; SÜSS e LOCATELLI, 2001; ARCA *et al.*, 2014; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021). La trattazione che segue accenna ai principali gruppi sistematici di esapodi di interesse in Italia (Tabella 1), soffermandosi su blatte sinantropiche, su alcuni coleotteri e lepidotteri dell'ambiente domestico e su alcuni nostri ectoparassiti ematofagi: cimice dei letti, pidocchi dell'uomo, pulci. Questi ultimi, assieme ai coleotteri e lepidotteri che più gravemente infestano e consumano le granaglie imma-

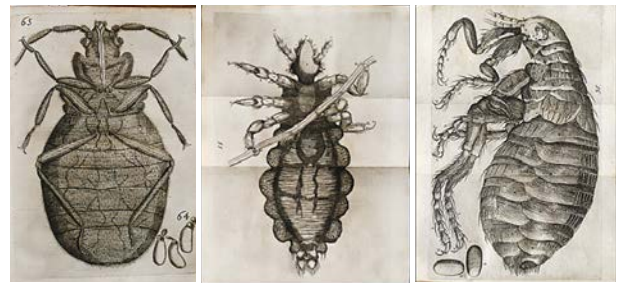


Fig. 2 – Tre grandi tavole calcografiche dalla *micrographia curiosa* di Filippo Bonanni (Bonanni, 1691): da sinistra a destra, cimice dei letti ('*Cimex*'), con uova; pidocchio dell'uomo ('*Pediculus*'); pulce ('*Pulex*') dell'uomo con uova. (Foto R. Nicoli Aldini).

gazzinate, hanno lasciato traccia di sé fin da tempi remoti anche in testi sacri come Bibbia e Talmud, e dall'antichità fino al Rinascimento scientifico e oltre hanno calamitato primariamente l'attenzione di insigni naturalisti come Aristotele e Plinio il Vecchio, Ad-Damiri, Isidoro di Siviglia e Alberto Magno, Aldrovandi, Muffet e altri ancora. I microscopisti del Seicento - come Hooke, Redi, Bonanni (Fig. 2) - hanno poi rimarcato l'importanza di certi nostri ectoparassiti pubblicandone ottime incisioni a forte ingrandimento, in epoca molto anteriore alla consapevolezza del ruolo di pulci e pidocchi nel trasmettere patogeni epidemici per l'uomo (BONANNI, 1691; BODENHEIMER, 1928-29). Tra i possibili intrusi stagionali piace qui ricordare, a margine, le forme alate di *Cloeon dipterum* (Ephemeroptera Baetidae), dalla breve vita, comuni nella buona stagione su vetri interni di finestre in edifici prossimi ai bacini di loro sviluppo giovanile, e gli adulti svernanti di *Chrysoperla* spp. (Neuroptera Chrysopidae) che trovano riparo tra autunno e inizio primavera anche in nostri locali, presso finestre e ante, così come gli adulti di certi coleotteri coccinellidi, ditteri calliforidi, ecc.; piante ornamentali d'appartamento possono talora ospitare tripidi come *Heliothrips haemorrhoidalis* (Thysanoptera Thripidae) (EBELING, 1978; SÜSS, 1990; TREMBLAY, 1986-1997; POLLINI, 2002; BELFIORE, 2023; osservazioni personali).

COLLEMBOLI, ZIGENTOMI, ORTOTTERI, BLATTODEI

I Collemboli, esapodi primitivamente atteri, ametaboli, comprendono famiglie (Hypogastruridae, Entomobryidae, ecc.) con specie igrofile note anche per ambienti 'indoor', presso ristagni d'acqua, in o sotto lavelli trascurati con umidità e muffe, alghe o sostanze organiche in degradazione, loro alimento. Gli Zigentomi delle case sono insetti lucifughi, igrofilo, spesso termofili, notturni; anch'essi primitivamente atteri e ametaboli, annoverano tre generi noti per ambienti domestici e d'accoglienza: *Lepisma*, *Ctenolepisma* e *Thermobia* (Lepismatidae), che si nutrono di colle di rilegature di libri, carta, detriti organici. Di Ortotteri, eterometaboli, in case di campagna sono piuttosto diffusi i due Ensiferi *Acheta domesticus* e *Gryllomorpha dalmatina* (Gryllidae); onnivori, attivi di notte, vivono stabilmente in locali umidi, sottoscala, can-

tine (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; DOMENICHINI, 1997; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021). I Blattoidei, eterometaboli alati, meiotteri o atteri, includono anche gli isotteri o tèrmiti, insetti sociali xilofagi pure rilevanti - in Italia con specie di Calotermitidae e Rhinotermitidae - per la tematica in esame (MINELLI e BOLOGNA, 2023). Le blatte sinantropiche hanno distribuzione cosmopolita o subcosmopolita. Sono lucifughe, termofile e igrofile, notturne, spesso onnivore, con comportamenti di aggregazione sia durante lo sviluppo giovanile sia da adulti. Le uova sono deposte entro ooteche. Frequentano o visitano ambienti urbani soprattutto coperti o chiusi, comprese case, semiinterrati, cantine, dove trovano alimento e riparo. La dannosità è soprattutto di tipo igienico-sanitario, dovuta sia a contaminazione e compromissione di derrate con escreti e secrezioni maleodoranti, sia ad allergenicità (fonte principale di allergeni sono esuvie ed escrementi, in ambienti a lungo infestati) e al rischio che diffondano patogeni e parassiti veicolandoli su derrate, alimenti, stoviglie, per diffusione meccanica con le loro appendici, o rigurgitandoli dopo averli ingeriti: virus (poliovirus, virus dell'epatite A), miceti (*Aspergillus*, *Penicillium*, ecc.) batteri (*Salmonella*, *Shigella*, *Pseudomonas* ecc.), protozoi (*Giardia*, *Toxoplasma* ecc.).



Fig. 3 – Insetti parassiti ematofagi dell'uomo. Da sinistra a destra, cimice dei letti, *Cimex lectularius* (Hemiptera Cimicidae); pidocchio del capo, *Pediculus humanus capitis* (Psocodea Pediculidae); pidocchio del pube, *Phthirus pubis* (Psocodea Phthiridae); pulce del gatto, *Ctenocephalides felis* (Mecoptera Pulicidae); (Foto: M.E. Toledo, tre da preparati microscopici: barra = 1 mm).

sma), stadi di elminti parassiti (Nematodi, Cestodi), raccolti accidentalmente in accumuli di rifiuti, discariche, latrine ecc. In soggetti predisposti, le blatte possono causare entomofobia e psicosi. In Italia vi sono quattro principali specie sinantropiche: *Periplaneta americana* e *Blatta orientalis* (Blattidae), *Blattella germanica* e *Supella longipalpa* (Ectobiidae) (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; DOMENICHINI, 1998; SÜSS e LOCATELLI, 2001; ROMI *et al.*, 2013; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021).

EMITTERI E CIMICE DEI LETTI

Gli Emitteri di interesse, se tralasciamo quelli che possono vivere su piante d'appartamento, come certe cocciniglie, sono Eterotteri, tutti eterometaboli, con apparato boccale pungente-succhiante. Soprattutto in vecchie case con soffitte e altre parti in legno si trova *Reduvius personatus* (Reduviidae), predatore zoomizo in grado di infliggere raramente dolorose punture all'uomo;

analoghi ambienti frequenta la confamiliare *Ploiaria domestica*. Tra gli intrusi stagionali sono comuni le cimici fitomize *Nezara viridula*, *Raphigaster nebulosa*, *Halyomorpha halys* (Pentatomidae), e talora il tingide del platano *Corythucha ciliata* (Tingidae), tutte svernanti come adulte in ambiente riparato, talora aggregate, ad es. in soffitte, presso infissi. Diverso è il caso di *Arocatus melanocephalus* (Lygaeidae), la cimice dell'olmo, soprattutto spermomiza, che presenta principalmente nel nord Italia periodiche gradazioni con invasione massiva da parte di adulti, in primavera avanzata o inizio estate, di interni di case, alberghi ecc., a partire da alberature di olmo, pianta ospite (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; SÜSS, 1990; NICOLI ALDINI e PERETTI, 2004; TREMATERRA, 2016; NEGRI *et al.*, 2023). La cimice dei letti, *Cimex lectularius* (Cimicidae) (Fig. 3) è invece ematofaga sull'uomo. Ectoparassita temporanea di animali omeotermi - alcuni mammiferi, e uccelli in allevamento -, si nutre di sangue anche durante lo sviluppo giovanile. Lucifuga, termofila, è attiva e raggiunge l'ospite di notte; predilige camere da letto e ambienti riscaldati durante la stagione fredda, soprattutto dove vi sia igiene inadeguata; di giorno giovani e adulti si trattengono in ripari (fessure dei letti, dietro quadri alle pareti, anfratti di soffitti in legno, ecc.). La

saliva, iniettata con la puntura, provoca arrossamento cutaneo e prurito non immediato. Questa specie infastidisce pure con l'odore sgradevole di secrezioni che impregnano lenzuola e biancheria, sporcate anche da escrementi; resiste molto a lungo al digiuno. Trasferimenti di mobilio, effetti lettereschi, valigie ecc. ne favoriscono la diffusione, così come i mezzi pubblici di trasporto. Non ne è accertato un ruolo nella trasmissione di microrganismi patogeni, ipotizzato nel caso di alcuni virus trasmissibili anche per trasfusione (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; DI LUCA e MAROLI, 2013; ARCA *et al.*, 2014; TREMATERRA, 2016).

PSOCODEI E PIDOCCHI DELL'UOMO

Gli Psocodei, eterometaboli, comprendono sia i tradizionali "psocotteri", o "corrodenti", o psocidi (Psocomorpha, Trogiomorpha, Troctomorpha) ai quali afferiscono alcune famiglie, generi e specie di case e derrate, sia gli "ftiratteri" comprendenti tanto gli Anoplura, pidocchi dei mammiferi e dell'uomo, quanto i "mallofagi" (Amblycera, Ischnocera, Rhynchophthirina, epizoi di uccelli e mammiferi) (MINELLI e BOLOGNA, 2023). In ambiente domestico vivono psocidi dei generi *Lepinotus* e *Trogium* (Trogidae), *Dorypteryx* (Psyllipsocidae), *Liposcelis* (Liposcelidae), *Lachesilla* (Lachesillidae), ecc.; meiotteri o atteri, hanno apparato boccale masticatore; possono causare allergie e inquinare derrate; igrofilo, sono soprattutto micofagi su pareti umide, mensole in legno, formaggi stagionati, granaglie, ma possono nutrirsi anche di colle di rilegature di libri, imbottiture vegetali, insetti secchi o altri materia-

li essiccati e conservati, danneggiando talora collezioni zoologiche ed entomologiche o erbari (TREMBLAY, 1986-1997; LIENHARD, 1998; TREMATERRA, 2016; LIMONTA e FOIS, 2023). Gli Anopluri, epizoi permanenti di mammiferi, sono appiattiti e costantemente atteri, con apparato boccale pungente-succhiante e zampe prensili. Forme giovanili e adulti pungono per nutrirsi di sangue. Secondo il D.M. 15/12/1990 le pediculosi dell'uomo - comuni anche a scimmie -, rientrano nella classe 4^a delle malattie soggette a denuncia obbligatoria da parte del medico che le diagnostichi nell'esercizio della professione. Al pidocchio dell'uomo, *Pediculus humanus* (Pediculidae), sono ascritte due sottospecie ecologiche, forse specie distinte: *P. h. capitis* (pidocchio dei capelli) (Fig. 3) e *P. h. corporis* (pidocchio del corpo e dei vestiti). Le pediculosi del capo sono ricorrenti in asili, scuole, comunità di vario genere, soprattutto in ambienti sovraffollati con carenza di adeguate misure igieniche. Negli ultimi due anni in Italia sembra esserci stato un netto loro aumento. Le uova (lendini) sono incollate alla base dei capelli. Le frequenti punture, spesso prevalenti nella regione nucale, provocano irritazioni pruriginose del cuoio capelluto – imbrattato da escrementi nerastri – con grattamento, lesioni e croste. I pidocchi del capo passano da un individuo all'altro per contatto diretto tra i capelli ma si diffondono anche tramite cuscini o capi d'abbigliamento che rechino capelli con uova. La sopravvivenza di giovani e adulti separatamente dall'ospite è molto breve. *Pediculus h. capitis* non è vettore di patogeni. *Pediculus h. corporis*, oggi meno frequente che in un passato non recente (era diffuso in periodi bellici, tra militari in trincee, ecc.), predilige aree del corpo coperte da vestiti e biancheria intima, dove fissa le uova presso cuciture e filamenti di tessuto. Pungendo la cute, causa lesioni papulose o vescicolari della pelle e indirettamente foruncolosi da stafilococchi, eczemi pruriginosi ecc., ma ha importanza soprattutto in quanto vettore di microrganismi patogeni come rickettsie, bartonelle, spirochete: *Rickettsia prowazekii*, responsabile di epidemie di tifo esantematico o petecchiale, rilevante in passato anche in Italia; *Bartonella quintana*, agente della febbre delle trincee; la spirocheta *Borrelia recurrentis*, che causa la febbre ricorrente cosmopolita. Il pidocchio assume i microrganismi succhiando il sangue di una persona infetta e li elimina con le feci: il suo passaggio su un individuo sano causa la diffusione dell'infezione attraverso lesioni cutanee secondarie da grattamento per prurito, che aprono la strada all'ingresso dei patogeni - provenienti da schiacciamento dei pidocchi stessi, o emessi con le loro feci - nel microcircolo sanguigno. È citato anche come vettore di altri batteri (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; MAROLI e NANNELLI, 2013; ARCA *et al.*, 2014). La piattola o piattone, *Phthirus pubis* (Phthiridae) (Fig. 3), meno frequente e meno noto, ha come localizzazione preferenziale quella espressa dal nome specifico ma può vivere anche in altre aree pilifere del corpo umano, comprese sopracciglia e ciglia; non sul cuoio capelluto. Con le punture causa forte prurito e determina l'irritazione cutanea nota come ftiiasi pubica. La trasmissione tra individui avviene soprattutto per diretto contatto sessuale e la diffusione è favorita da comportamenti promiscui, ma non solo: anche salviette

e indumenti talora possono causarla. Il ritrovamento della piattola su bambini, dove più facili localizzazioni possono essere sopracciglia e ciglia, non deriva necessariamente da abusi subiti (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; MAROLI e NANNELLI, 2013).

IMENOTTERI E DITTERI

Imenotteri e Ditteri, olometaboli, comprendono insetti di notevole rilevanza per la tematica in esame. Tra i primi, vi sono specie di Apocriti "terebranti" - di superfamiglie come Ichneumonoidea, Chalcidoidea, Evanioidea - parassitoidi di coleotteri e lepidotteri di derrate, di blattodei, ecc.; tra gli Apocriti Aculeati, certe specie di betilidi (Bethyidae) sono parassitoidi di tarli del legno; alcune formiche (Formicidae), vespe e calabroni (Vespidae), e api (Apidae), eusociali, possono nidificare presso o entro case ed edifici d'accoglienza: le operaie sono dannose in più modi ma soprattutto, nel caso di vespe o api, moleste o pericolose perché pungono. Gli *Sceliphron* (Sphecidae), cacciatori di ragni, talora costruiscono sulle pareti di interni, in alto, nidi pedotrofici di fango solidificato (EBELING, 1978; SÜSS, 1990; SÜSS e LOCATELLI, 2001; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021). I ditteri annoverano soprattutto specie d'interesse igienico-sanitario, alcune con possibile sviluppo negli interni. Tra i "nematoceri" le femmine adulte di certe zanzare (Culicidae) e pappataci (Psychodidae Phlebotominae), ematofaghe, endofile, moleste, sono notoriamente temibili soprattutto perché potenziali vettrici di microrganismi patogeni o elminti parassiti per l'uomo; altri psicodidi (Psychodinae) possono evolversi in modesti ristagni d'acqua, ad es. in bagni e latrine ombrosi frequentati dai loro adulti; certi sciaridi (Sciaridae) si sviluppano a spese di radici in vasi con terriccio umido di piante d'appartamento; ecc. (EBELING, 1978; TREMBLAY, 1986-1997; POLLINI, 2002; TREMATERRA, 2016). Di non poche famiglie (Scenopinidae, Phoridae, Piophilidae, Drosophilidae, Muscidae, Fanniidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, ecc.) e specie di Brachiceri, gli adulti - buoni od ottimi volatori - frequentano i nostri interni; alcune specie vi si sviluppano anche, ad es. in cantine a spese di derrate di natura animale (formaggi, insaccati) od occasionalmente anche altrove, ad es. in soffitte, nelle carcasse fresche di roditori o piccioni, o in altre sostanze in decomposizione. Ampia la varietà di regimi alimentari, spesso differenti tra larve e adulti. La dannosità, oltre che ad alterazione di derrate e alimenti per sviluppo larvale, è correlata al rischio che adulti, soprattutto di mosche e mosconi nelle cucine, li inquinino - o contaminino stoviglie - depositandovi patogeni raccolti ad es. su feci, rifiuti, carcasse di animali: basti citare l'importanza delle mosche nel diffondere il batterio *Vibrio cholerae*, in caso di epidemie; altro rischio è che in ambienti a lungo infestati i loro resti siano fonte di allergeni, causa di allergie domestiche soprattutto inalatorie (EBELING, 1978; DOMENICHINI, 1997; TREMBLAY, 1986-1997; SÜSS e LOCATELLI, 2001; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021).



Fig. 4 – Insetti infestanti derrate e altri beni in ambiente domestico. A sinistra, tarlo del pane, *Stegobium paniceum* (Coleoptera Anobiidae), adulto e tracce superficiali di gallerie larvali in pane secco; a destra, tignola chiara dei panni, *Tineola bisselliella* (Lepidoptera Tineidae), adulto e suoi danni larvali - tunnel di seta e fori - su un pullover in lana. (A sinistra: foto M.E. Toledo, barra = 1 mm; al centro e a destra: foto R. Nicoli Aldini).

COLEOTTERI E LEPIDOTTERI

Gli altri due principali ordini di olometaboli, Coleotteri e Lepidotteri, comprendono anch'essi specie qui di interesse; la dannosità è dovuta soprattutto a infestazione e compromissione di derrate o di altri beni per l'attività larvale; certe larve peraltro sono soprattutto micofaghe o detritivore (DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; SÜSS e LOCATELLI, 2001; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021). Tra i coleotteri è comune ad es. il tarlo del pane, *Stegobium paniceum* (Anobiidae) (Fig. 4), attivo su derivati di cereali - incoerenti come le farine o compatti come pasta alimentare, fette biscottate, pane secco (Fig. 4) -, su spezie e frutta secca; xilofago nel legno tenero in opera, rovina anche libri antichi scavando gallerie serpiginose. Alcuni dermestidi dei tappeti dei gen. *Attagenus*, come *At. unicolor* e *At. brunneus*, e *Anthrenus*, come *An. verbasci* (Dermestidae), hanno larve polifaghe, 'spazzine', in grado di digerire cheratina e sclerotina; possono svilupparsi in fessure di pavimenti a parquet, dietro a battiscopa in legno ecc., nutrendosi di peli, capelli, desquamazioni cutanee, fibre di tappeti, superfici di calzature in cuoio trascurate, piccoli artropodi secchi; in cassetti e armadi in legno danneggiano capi d'abbigliamento in lana; in dispense alimentari, occasionalmente, derrate d'origine vegetale e animale, come funghi secchi e superfici di formaggi stagionati (EBELING, 1978; DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; NICOLI ALDINI, 1997; SÜSS e LOCATELLI, 2001; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021). Tra i lepidotteri il più comune e diffuso esempio di cheratofagia larvale nei nostri locali, con danni anche gravi a pellicce, capi d'abbigliamento e tappeti in lana, imbottiture in piume, è offerto dalla tarma chiara dei panni, *Tineola bisselliella* (Tineidae) (Fig. 4), causa di infestazioni anche gravi che talora dopo mesi o anni si estinguono spontaneamente. Derrate in dispense domestiche o d'ambienti d'accoglienza vedono la tignola fasciata, *Plodia interpunctella* (Pyralidae), come infestante più frequente; polifaga, è comune su farine e pasta alimentare come su tanti altri substrati vegetali conservati o essiccati (ad es. frutta secca, composizioni decorative con infruttescenze secche), o misti come cioccolato alle nocciole e torrone, o di natura animale come latte in polvere. In caso

di derrate vegetali mal conservate, un po' ammuffite o già infestate, nei medesimi ambienti può svilupparsi un altro piralide, la piralide della farina *Pyralis farinalis* (EBELING, 1978; DOMENICHINI e CROVETTI, 1989; TREMBLAY, 1986-1997; DOMENICHINI, 1997; SÜSS e LOCATELLI, 2001; TREMATERRA, 2016; SÜSS e GUERRA, 2021).

MECOTTERI: PULCI

Incluso attualmente nei Mecotteri (MINELLI e BOLOGNA, 2023), olometaboli, il gruppo omogeneo dei Sifonatteri riunisce le pulci, i cui adulti, secondariamente atteri, con apparato boccale pungente-succhiante e zampe posteriori generalmente saltatorie, sono ectoparassiti ematofagi di vertebrati omeotermi, in larga maggioranza mammiferi. La singolare forma compressa del corpo è un adattamento alla vita tra i peli o il piumaggio degli ospiti. Le femmine depongono scalarmente le uova – fino a centinaia in certe specie - in tane, rifugi o nidi di loro ospiti, ricoveri di animali da compagnia, fessure di pavimenti, o su ospiti animali stessi. Le larve, apode, allungate, con rade setole lungo il corpo e apparato boccale masticatore, si nutrono di feci di pulci adulte, oltre a desquamazioni cutanee ecc.; a maturità filano un bozzolo di seta in cui si impupano. L'intero ciclo di sviluppo può richiedere da settimane a oltre un anno. Gli adulti di certe specie possono resistere molti mesi al digiuno; quelli della maggior parte delle specie si adattano a un ampio spettro di ospiti (SMIT, 1973; TREMBLAY, 1986-1997; MEI *et al.*, 2023). Diverse specie di pulci possono frequentare nostri locali, comprese cantine, e pungerci: non solo *Pulex irritans* (Pulicidae), la pulce dell'uomo presente anche su vari mammiferi domestici, tra cui suini, e selvatici; soprattutto nei mesi caldi ci pungono infatti la pulce del cane, *Ctenocephalides canis*, e quella del gatto, *C. felis* (più termofila e comune in luoghi chiusi o riscaldati, in Italia è la principale pulce nelle abitazioni) (Fig. 3), entrambe pulcidi, attive sui due ospiti come su vari mammiferi selvatici, ratti e topi; ci pungono anche le pulci del ratto e di altri roditori sinantropici o selvatici anche arboricoli, come l'ulteriore pulcide *Xenopsylla cheopis* - oggi in Italia molto rara, se non assente, tipica soprattutto del ratto nero e principale vettore, in passato, della

peste bubbonica e del tifo murino - o come *Nosopsyllus fasciatus* (Ceratophyllidae), relativamente comune; nonché talora pulci degli uccelli come un altro ceratofillide, *Ceratophyllus columbae*, la pulce del piccione. In case e ambienti collettivi i fastidi e rischi da pulci possono derivare, oltre che da animali d'affezione, da topi e ratti, per l'attrazione esercitata su questi ultimi da dispense alimentari (SMIT, 1973; TREMBLAY, 1986-1997; TOMA e MAROLI, 2013; TREMATERRA, 2016). Le pulci ci affliggono da millenni, a partire dal Novecento però su di noi sembrano diventate meno frequenti. A parte le pruriginose reazioni cutanee locali alle punture (chiazze di arrossamento, dermatiti allergiche), l'importanza sanitaria delle pulci adulte consiste soprattutto nel poter trasmettere ad animali e all'uomo, con punture o con le feci, o per accidentale ingestione di pulci stesse, agenti patogeni soprattutto di affezioni batteriche e di elmintiasi. Le pulci del cane, del gatto e dell'uomo per ingestione possono trasmetterci larve di tenie, i Cestodi *Dipylidium caninum* e *Hymenolepis* spp. Le malattie più pericolose sono però batteriche: tifo murino, dovuto a *Rickettsia typhi* (trasmesso tramite feci, schiacciamento dell'insetto e grattamento da prurito, come anche nel caso del tifo petecchiale da *R. prowazekii*, trasmesso da *P. h. corporis*, ma – sembra - anche da pulci), e peste bubbonica da *Yersinia pestis* (trasmessa con puntura associata a rigurgito), le cui epidemie hanno segnato tragicamente la storia dell'umanità; al giorno d'oggi ne restano solo focolai circoscritti, soprattutto in Africa. Alcune specie di pulci sono segnalate come possibili vettori di altri batteri e di spirochete patogeni per l'uomo, agenti eziologici di malattie infettive come tularemia, febbre-Q, listeriosi, malattia da graffio di gatto, salmonellosi e borreliosi (SMIT, 1973; TREMBLAY, 1986-1997; TOMA e MAROLI, 2013; ARCA *et al.*, 2014).

BIBLIOGRAFIA

- ARCA B., DELLA TORRE A., POMBI M., 2014 – *Capitolo 16. Gli insetti vettori di patogeni animali*. In: Gli insetti e il loro controllo, Pennacchio F. Ed., Liguori Editore, Napoli, pp. 443-477.
- BELFIORE C., 2023 - Capitolo 10. *Ephemeroptera*. In: Sistematica ed evoluzione degli esapodi, Minelli A. & Bologna M.A. Eds., Liguori Editore, Napoli, pp. 157-162.
- BODENHEIMER F.S., 1928-29 – *Materialien zur Geschichte der Entomologie bis Linné*. W. Junk, Berlin, Band I (1928), X+498 pp.; Band II (1929), VI+486 pp.
- BONANNI F., 1691 - *Observationes circa viventia, quae in rebus non viventibus reperiuntur. Cum micrographia curiosa, sive rerum minimarum observationibus, quae ope microscopii recognitae ad vivum exprimuntur. His accesserunt aliquot animalium testaceorum icones non antea in lucem editae*. Typis Dominici Antonii Herculis, Romae, XX+344+10 tavv. f.t.+108+35 tavv. f.t.
- DINDO M.L., CAMPADELLI G., 1993 – *Insetti e altri artropodi in città*. In: Ecologia in città. Alla scoperta dell'ambiente urbano, Cencini C. & Dindo M.L. Eds., Editrice Lo Scarabeo, Bologna, pp. 195-210.
- DOMENICHINI G. (Ed.), 1997 – *Atlante delle impurità solide negli alimenti. Manuale per il riconoscimento dei materiali estranei*. Chiriotti Editori, Pinerolo, XVI+392 pp.
- DOMENICHINI G., 1998 – *Alimenti, artropodi e salute*. Atti del 6° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 24-26 settembre 1997 (a cura di P. Cravedi), Chiriotti Editori, Pinerolo, pp. 17-29.
- DOMENICHINI G., CROVETTI A. (Eds.), 1989 – *Entomologia urbana e sanità ambientale*. UTET, Torino, XVI+253 pp.
- DI LUCA M., MAROLI M., 2013 – 13. *Cimici*. In: Allergologia e dermatologia entomologiche, Nannelli R., Severino M. & Turillazzi S. Eds., seconda edizione aggiornata, Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, pp. 145-149.
- EBELING W., 1978 – *Urban entomology*. Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, VIII-695 pp.
- LIENHARD C., 1998 – *Faune de France (France et régions limitrophes)*. 83. *Psocoptères euro-méditerranéens*. Fédération Française des Sociétés de Sciences naturelles, Paris, XX+517 pp., 11 tavv. f.t.
- LIMONTA L., FOIS F., 2023 – *Capitolo 24. Psocodea*. In: Sistematica ed evoluzione degli esapodi, Minelli A. & Bologna M.A. Eds., Liguori Editore, Napoli, pp. 300-312.
- MAROLI M., NANNELLI R., 2013 – 16. *Pidocchi dell'uomo*. In: Allergologia e dermatologia entomologiche, Nannelli R., Severino M. & Turillazzi S. Eds., seconda edizione aggiornata, Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, pp. 178-186.
- MEI M., BADANO D., CERRETTI P., 2023 – *Capitolo 32. Mecoptera*. In: Sistematica ed evoluzione degli esapodi, Minelli A. & Bologna M.A. Eds., Liguori Editore, Napoli, pp. 517-522.
- MINELLI A., BOLOGNA M.A. (Eds.), 2023 - *Sistematica ed evoluzione degli esapodi*. Liguori Editore, Napoli, XI-638 pp.
- NANNELLI R., SEVERINO M., TURILLAZZI S. (Eds.), 2013 – *Allergologia e dermatologia entomologiche. Seconda edizione aggiornata*. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, 245 pp.
- NEGRI I., AMBROGIO A., PAPA G., PELLECCIA M., SALVETTI M., 2023 – *La cimice asiatica e altri pentatomidi di interesse agrario*. Regione Lombardia & Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano, 64 pp.
- NICOLI ALDINI R., 1997 – *Coleotteri Dermestidi*. In: Atlante delle impurità solide negli alimenti. Manuale per il riconoscimento dei materiali estranei, Domenichini G. Ed., Chiriotti Editori, Pinerolo, pp. 148-157, 161.
- NICOLI ALDINI R., PERETTI P., 2004 – *Infestazioni stagionali di Arocatus melanocephalus (Fabricius) (Heteroptera Lygaeidae) in edifici urbani*. Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania 10-15 giugno 2002: 1007-1012.
- PENNACCHIO F. (Ed., con la collab. di D. Mancini), 2014 – *Gli insetti e il loro controllo*. Liguori Editore, Napoli, XII+738 pp.

- POLLINI A., 2002 – *Manuale di entomologia applicata*. Edagricole, Bologna, X+1462 pp.
- ROMI R., DI LUCA M., SEVERINI F., 2013 – 4. *Blatte*. In: Allergologia e dermatologia entomologiche, Nannelli R., Severino M. & Turillazzi S. Eds., seconda edizione aggiornata, Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, pp. 75-81.
- SMIT F.G.A.M., 1973 – *Siphonaptera (Fleas)*. In: Insects and other arthropods of medical importance, Smith K.G.V. Ed., The Trustees of the British Museum (Natural History), pp. 325-371.
- SÜSS L., 1990 – *Gli intrusi. Guida di entomologia urbana*. Calderini Edagricole, Bologna, X+226 pp.
- SÜSS L., GUERRA P., 2021 – *Gli infestanti nelle industrie alimentari. La gestione sulle derrate e nell'industria. Riconoscimento, modalità di prevenzione, monitoraggio e lotta*. Edizioni Avenue media, Bologna, 280 pp.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., 2001 – *I parassiti delle derrate. Riconoscimento e gestione delle infestazioni nelle industrie alimentari*. Calderini Edagricole, Bologna, XIV+364 pp.
- TOMA L., MAROLI M., 2013 – 12. *Pulci*. In: Allergologia e dermatologia entomologiche, Nannelli R., Severino M. & Turillazzi S. Eds., seconda edizione aggiornata. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze, pp. 137-141.
- TREMATERRA P., 2016 – *Entomologia urbana applicata. Animali infestanti o molesti e loro gestione*. Aracne editrice, Ariccia (Roma), 188 pp.
- TREMATERRA P., SÜSS L., 2007 – *Prontuario di entomologia merceologica e urbana con note morfologiche, biologiche e di gestione delle infestazioni*. Aracne editrice, Roma, 160 pp.
- TREMBLAY E., 1986-1997 - *Entomologia applicata. Volume secondo (Parte prima; Parte seconda). Volume terzo (Parte prima; Parte seconda; Parte terza)*. Liguori Editore, Napoli, 407, 381, 138, 214, 140 pp.

INVERTEBRATI INTRUSI NELLE ABITAZIONI E NEGLI AMBIENTI COLLETTIVI: ACARI

SAURO SIMONI^a

^a Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca per la Difesa e la Certificazione (CREA-DC). Via Lanciola 12/a, 50125, Firenze, Italia;

e-mail: sauro.simoni@crea.gov.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana".

Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 15 novembre 2024

Invertebrates intruders in homes and collective environments: Acari

There is ever-increasing evidence of how climate change already has and may still have a significant impact on public health. Increased risks associated with exposure to heat, flooding and chemical and biological contamination in buildings are likely to be responsible for much of this impact in all countries, regardless of geography and welfare status. Identifying the effects of climate change on the health of the indoor environment, as well as the risks and opportunities related to climate change adaptation and mitigation, is the first step towards effective support for the protection of public health and consideration of the following types of consequences on: i) wellness; ii) air quality inside the place; iii) diseases and allergies in domestic areas. Climate change influences the content and spread of allergens and, consequently, allergies mainly through changes in outdoor air and indirectly in indoor air and dynamics of mites inhabiting domestic environments. As emerging situations two cases are considered and discussed: consolidation of emergencies due to *Euroglyphus maynei* and its spreading; possible organisms to watch out for, as *Blomia tropicalis*, ridefining its spreading country areas as consequence of recent climatic change conditions.

KEY WORDS: Astigmatid mites, House dust mites, *Euroglyphus maynei*, *Blomia tropicalis*, allergy.

INTRODUZIONE

Anche se attese, sono sempre più in aumento le prove e le evidenze di come i cambiamenti climatici abbiano già e possano ancora avere un impatto significativo sulla salute pubblica (MANSOURI *et al.*, 2022). L'aumento dei rischi associati all'esposizione al calore, alle inondazioni e alla contaminazione chimica e biologica negli edifici sarà probabilmente responsabile di gran parte di questo impatto in tutti i Paesi, indipendentemente dai riferimenti geografici e dallo status di benessere (VARDOULAKIS *et al.*, 2015).

Il riscaldamento globale si è incrementato di 1°C alle nostre latitudini e, secondo uno scenario previsto, potrebbe aumentare ancora di 1,5-3°C entro la fine del secolo (IPCC, 2022). Ci sono molti effetti diretti e indiretti di questo aumento delle temperature, sia medio che come escursione in brevi periodi, tra i quali, se l'aumento del contenuto di vapore acqueo nell'atmosfera è accompagnato da un aumento della temperatura, un aumento delle precipitazioni intense nei climi temperati e dell'attività ciclonica alle basse latitudini, con relativa modifica del rapporto termo/igrometrico ambientale, anche per brevi periodi (ALESSANDRI *et al.*, 2017).

Inevitabilmente enfasi ed attenzione sono dedicati, *in primis*, ai fenomeni 'outdoor', particolarmente impattanti in natura, nelle varie aree agricole, nelle città. Ad esempio, la crescita delle temperature attesa in Europa nei prossimi 50 anni accelererà il processo di corrosione degli edifici ed esporrà le strutture a maggiori stress, minando la sicurezza delle costruzioni: a riguardo il Joint Research Centre (JRC) for 'scientific network on adap-

tation of structural design to climate change' della CE sta indirizzando la legislazione e la normativa verso una revisione degli standard europei di progettazione degli edifici (SOUSA *et al.*, 2020). Vengono ad ora esaminati per lo più, e più tempestivamente, gli effetti positivi e negativi dei programmi di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici nel settore immobiliare/strutturale, e solamente di riflesso i possibili rischi per la salute correlati al clima interno nelle case.

Come tali dinamiche possano avere un impatto, e di quale livello, in ambienti indoor e domestici è ancora, sostanzialmente, da approfondire adeguatamente: riconoscere le opportunità e i pericoli associati all'adattamento e alla mitigazione dei cambiamenti climatici, nonché gli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute degli ambienti interni, può salvaguardare ridurre le criticità riguardanti la salute pubblica.

È diventato sempre più evidente attraverso quali direttrici il cambiamento climatico previsto possa avere un impatto significativo sulla salute pubblica (D'AMATO *et al.*, 2020). La maggiore esposizione al calore, le inondazioni e la contaminazione chimica e biologica degli edifici caratterizzano la prima interfaccia. Identificare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute dell'ambiente interno, così come i rischi e le opportunità legati all'adattamento e alla mitigazione dei cambiamenti climatici, è il primo passo per un effettivo supporto a protezione della pubblica salute e la considerazione dei seguenti tipi di conseguenze, oltre ai danni causati da inondazioni e contaminazione dell'acqua su: i) temperatura ambientale e percepita; ii) qualità dell'aria all'interno del luogo; iii)

malattie e allergie nelle aree domestiche.

Nella valutazione di tali dinamiche, in ambienti domestici e indoor, si verifica di fatto, la modifica dell'esposoma, l'insieme dei fattori ambientali e degli agenti patogeni a cui ciascun individuo è esposto nel corso della sua vita fin dal momento del concepimento. Sulla modifica dell'esposoma converge la considerazione di diversi tipi di determinanti: quelli esterni generali, come l'istruzione, le condizioni sociali e finanziarie, e quelli interni, come il metabolismo, gli ormoni, la forma fisica e l'attività fisica, e quelli esterni specifici, come le radiazioni, gli agenti infettivi e i contaminanti chimici. A queste premesse dovrebbe seguire principalmente l'identificazione dei fattori di rischio tra una varietà di

nella persistenza, nella qualità e nell'intensità dell'esposizione agli allergeni, il che porta ad un aumento delle risposte e dei sintomi allergici, sia in ambiente esposto che indoor (REINMUTH-SELZLE *et al.*, 2017)

Nel presente contributo si richiamano alcuni aspetti o possibili criticità da approfondire secondo due aspetti principali:

1. possibili feedback al cambiamento climatico a livello indoor/domestico, a livello di acari di interesse per la salute e benessere umano.
2. Consolidamento di emergenze (distribuzione di *Euroglyphus maynei*) e possibili organismi cui porre attenzione (intensificazione del ruolo allergenico di *Blomia tropicalis*).

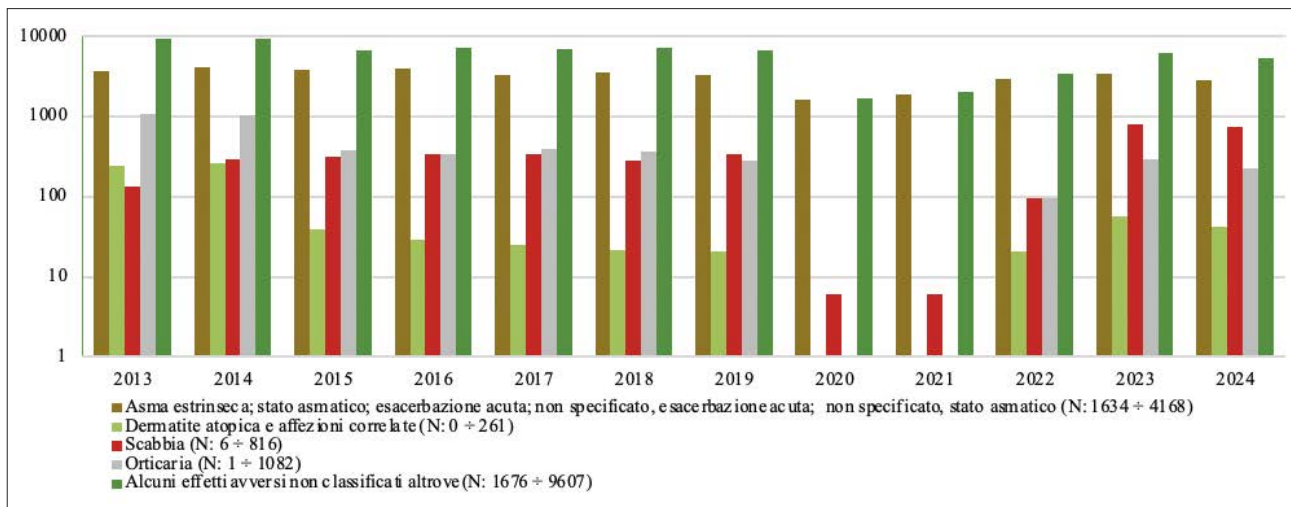


Fig. 1 - Confronto dimissioni da Pronto Soccorso su categorie selezionate (periodo 2013-settembre 2024) Fonte: RFC -106 dati sul pronto soccorso. Elaborazione: Settore Sanità Digitale e Innovazione. D.G. Diritti di Cittadinanza e Coesione Sociale - Regione Toscana.

determinanti attraverso studi epidemiologici e come tali evidenze si modifichino anche nell'arco del breve periodo. Il cambiamento climatico è un fenomeno globale che ha sia direttamente che indirettamente un impatto sulla salute umana e con il suo grado di impatto, correlato alle consuetudini, influisce sullo sviluppo e sulla gravità delle malattie infiammatorie e allergiche (AMINI *et al.*, 2024). Al riguardo, è definita la relazione tra l'innalzamento medio di temperatura e l'aumento del carico di allergeni, che altera risposta immunitaria e vie infiammatorie, portando allo sviluppo o all'esacerbazione delle malattie allergiche (CHARPIN, 2021). Numerosi approfondimenti si sono occupati di come una maggiore sensibilizzazione a fattori allergizzanti sia correlata ai cambiamenti climatici e di come tale situazione sia in crescendo anche a livello di ambienti domestici (BEGGS *et al.*, 2023).

Le malattie allergiche sono sensibilmente aumentate negli ultimi venti anni e vi sono ragioni per pensare che i cambiamenti globali e regionali avranno ancora un impatto significativo sulla loro emergenza (CECCHI, 2010). Quale esempio si richiama come i sintomi dell'asma siano causati da allergeni, ed è verosimile come il clima e altri determinanti ambientali abbiano un impatto sulla prevalenza dell'asma. Ciò può comportare modifiche

FEEDBACK AL CAMBIAMENTO CLIMATICO A LIVELLO INDOOR/DOMESTICO

Gli Acari sono un gruppo di artropodi appartenente alla classe degli Aracnidi. Molte specie appartengono alle famiglie Pyroglyphidae, Acaridae, Glycyphagidae ed Echimyopodidae risiedono e colonizzano le abitazioni e ambienti collettivi e determinano problematiche significative per la salute umana. La famiglia Pyroglyphidae include molte specie di acari che vivono nella polvere domestica, si alimentano di detriti di vario tipo, a base di pelle ed altre componenti come funghi e/o batteri presenti nell'ambiente o rilasciati dagli individui. Tra questi organismi, in particolare, si annoverano i responsabili delle allergie delle vie respiratorie, in sensibile aumento, a livello mondiale (GUTOWSKA-ŚLESİK *et al.*, 2023).

La proposizione di strategie finalizzate al contenimento delle problematiche dovute a queste specie, per gli individui e le comunità, e a mitigare le conseguenze negative del cambiamento dell'esposoma causato dal cambiamento climatico non può prescindere da un attento screening degli stati patologici o di criticità in relazione ai cambiamenti climatici ed 'esposomici' (BAROUKI, 2024; JEONG *et al.*, 2025)

A livello di dato statistico, in Fig. 1 è riportata una sintesi delle dimissioni dai centri di Pronto Soccorso Ospedaliero, operanti in Toscana, in grado di dare un'idea sulla tipologia di motivazioni che hanno richiesto l'intervento sanitario di soccorso.

Il dato, seppur presumibilmente in misura sottostimata, in quanto l'accesso al pronto soccorso non viene effettuato frequentemente per tipologia di alcune sintomatologie dovute all'azione di artropodi, quali asma o emergenze allergiche, se non dovute ad episodi cruenti (es. punture di imenotteri), altresì, conferma una certa permanenza ed incremento delle problematiche a carattere indoor. Inoltre, ciò si è confermato anche nei due anni corrispondenti al periodo di 'fermo' sociale del biennio 2020-2021, periodo di massima incidenza di cominciano della pandemia COVID. Da rimarcare come l'uso di presidi, come le mascherine, si sia dimostrato efficace come barriera meccanica per una minore inalazione di pollini, riducendo magari la possibilità di innesco per i soggetti allergici all'aperto, mentre, trascorrendo più tempo in casa a causa delle restrizioni, sia aumentata l'esposizione a polveri e umidità. Il dato confermato, con tenuta nei rilievi ed incremento di presenza di fenomeni asmatici, è, in buona parte, ascrivibile a fattori scatenanti intercettati negli ambienti domestici e con buona attendibilità all'azione e diffusione delle tre specie di acari delle polveri responsabili di allergia.

CONSOLIDAMENTO DI NUOVE EMERGENZE E ORGANISMI DA ATTENZIONARE

Tra le specie di acari, come specie clinicamente rilevanti, appartenenti alla famiglia dei Pyroglyphidae, si riscontrano in abbondanza nella polvere domestica, *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart), *D. farinae* Hughes, *Euroglyphus maynei* (Cooreman), caratterizzati e riconosciuti storicamente come 'Acari delle polveri' (HDM, House Dust Mites). L'abbondanza e la densità dell'HDM sono influenzate dall'umidità e dalla temperatura interna, con preferenza per temperature >20°C e umidità relativa 70-80% (VACKOVA *et al.*, 2023). Anche l'età degli edifici, la densità di residenza, la presenza di animali domestici, la natura del sistema di riscaldamento e il regime di ventilazione e pulizia influenzano la loro abbondanza e densità (SOLARZ *et al.*, 2021). È da considerare come le temperature si siano mediamente incrementate negli appartamenti, anche grazie al migliore isolamento termico e minor dispersione, e come tale aspetto si accompagni alla costituzione nelle abitazioni di nicchie a più elevata umidità relativa. Inoltre, il bilancio di ossigeno e contenuto idrico, per gli acari domestici, è fondamentale in quanto il loro sviluppo negli ambienti domestici è, di fatto, fortemente condizionato dal microclima domestico: gli acari delle polveri e delle derrate appartengono all'ordine degli Astigmata che non hanno aperture o distretti corporei circoscritti e dedicati alla funzione respiratorie separate. La loro sottile cuticola assolve alla funzione di scambio di gas su tutta la superficie corporea modulando l'equilibrio direttamente

di ossigeno e vapore acqueo per traspirazione passiva e gradiente osmotico. Per compensare la loro perdita d'acqua, nota come traspirazione, attraverso la cuticola, gli acari richiedono un'elevata umidità relativa. Oltre il 70% del corpo dell'acaro è acqua. Il loro sviluppo è favorito da umidità ambientale di 7 g/kg di aria (= 75% di umidità relativa a 15 °C). Nei casi in cui l'umidità diminuisce queste specie possono mettere in atto strategie comportamentali come il raggruppamento marcato degli esemplari in modo da costituire micro-nicchie in cui l'UR sia più elevata oppure allontanarsi alla ricerca di distretti in cui l'UR sia, di per sé, più elevata. È da ricordare come gli allergeni di maggiore incidenza si trovino sia sul corpo/cute degli esemplari ma anche sui pellet fecali, rilasciati durante i loro spostamenti, composti da secrezione intestinale essiccata dalle dimensioni di 10-35 µm ed avvolte da membrana peritrofica (involucro) che rimane 'sigillata' finché c'è un livello sufficiente di umidità relativa e tende a screpolarsi e ad essere rilasciata nell'ambiente quando è più asciutto (COLLOFF, 2009).

Il cambiamento climatico influenza il contenuto e la diffusione di allergeni e, di conseguenza, di allergie principalmente attraverso cambiamenti nell'aria esterna e indirettamente nell'aria interna: in inverno, quando le temperature sono più basse, l'aria all'interno viene riscaldata e di conseguenza più secca, in determinati distretti domestici, riduce la probabilità di proliferazione delle popolazioni di acari. Tale aspetto è stato rilevato in Germania dove inverni eccezionalmente freddi diminuiscono la quantità di acari (GEHRING *et al.*, 2005; LUSCHKOVA *et al.*, 2022). Non di meno è stato dimostrato come le temperature più elevate durante l'estate e durante l'inverno possano avere una incidenza significativa su una maggiore presenza di patologie asmatiche e respiratorie in genere, dato che l'inverno meno freddo e con maggiore umidità, potrebbe favorire l'aumento del numero di acari domestici e le conseguenze per la frequenza di asma e rinite (ZOCK *et al.*, 2006).

CONSOLIDAMENTO DI EMERGENZE (*E. MAYNEI*) E POSSIBILI ORGANISMI CUI PORRE ATTENZIONE (*BLOMIA TROPICALIS*)

Euroglyphus maynei

Si confermano maggiori responsabili delle allergie alle polveri domestiche *D. pteronyssinus*, *D. farinae* ed *E. maynei*. Queste specie si possono rinvenire su materassi, coperte, tendaggi, tappeti, divani imbottiti, peluche e polvere generica di casa. È largamente dimostrato come i prodotti di desquamazione epidermica siano una sorgente di cibo largamente sfruttata per il loro sviluppo. Il loro processo di sviluppo è suddiviso in cinque fasi: uovo, larva, protoninfa, tritoinfa e adulto. La loro dieta è principalmente composta da prodotti della desquamazione della pelle. Il loro sviluppo è favorevole se viene combinato con funghi xerofili (es. *Aspergillus* sp.), che sono principalmente responsabili della degradazione dei lipidi delle desquamazioni. Possono determinare problemi respiratori e dermatiti negli ambienti domestici, indicativamente più gravi durante la primavera

e l'autunno quando le popolazioni di acari tendono ad aumentare. Gli allergeni si trovano principalmente nei pellet fecali, ma anche in acari morti e in esuvie più o meno datate e degradate. Per *D. pteronyssinus*, il passaggio da uovo a adulto richiede almeno una decina di giorni e la fecondità femminile arriva ad un centinaio di uova a 25°C e 75%UR. Una femmina di *D. farinae*, a 25°C e 75% UR, può deporre da una ottantina a più di 200 uova. Il 70% di umidità e le temperature di 23-30°C sono ideali per la crescita delle loro popolazioni. La longevità delle femmine può arrivare a 4 mesi in condizioni ideali.

E. maynei è il piroglifide con le dimensioni più piccole. Il corpo femminile misura 0,265-0,320 mm. Molto comunemente associato agli altri piroglifidi. Il tempo di crescita da un uovo a un adulto varia da 30 a 50 giorni circa. Il periodo di ovideposizione è di circa 2 mesi. Le femmine producono 0,4-1,5 uova al giorno a 25°C e 75% UR. Le condizioni per la crescita delle loro popolazioni sono ideali a 20–25 °C e un UR superiore al 70%.

Come si evince il potenziale biotico di *E. maynei*, come tempo di sviluppo e fecondità, è inferiore a quello delle due specie di dermatofagoidi; ciononostante, è in grado di incidere in modo considerevole sulle intensità di esposizione delle persone agli allergeni. Gli studi sull'ecologia degli allergeni ora si concentrano sulla varietà degli allergeni grazie ai progressi nelle analisi biomolecolari ed al loro rilievo puntuale finalizzato al rilievo diagnostico e all'applicazione terapeutica. Considerando comunque le variazioni nella distribuzione interna ed esterna delle specie comuni di acari delle polveri, con particolare attenzione alle condizioni geografiche e climatiche, si possono identificare i meccanismi ecologici che potrebbero consentire agli acari domestici di espandersi in nuove aree. Anche se le caratteristiche della casa sembrano essere molto utili per prevedere la diversità degli artropodi all'interno della casa, le condizioni interne non sono indipendenti dalle condizioni esterne (MADDEN *et al.*, 2016).

Oltre la temperatura quale fattore determinante, l'effetto dell'umidità (60-80%) sulla sopravvivenza di *E. maynei* evidenzia come la mortalità diminuisca con l'aumento dell'umidità, in particolare tra gli stadi immaturi, con la mortalità a un'umidità relativa dell'80% che rimane pressoché costante durante l'intero ciclo vitale, mentre l'umidità bassa allunga la durata della vita adulta. La temperatura sembra essere il principale fattore che influisce sulla crescita della popolazione (FRAZIER *et al.*, 2006), e le tre specie di HDM rispondono in modo diverso ai cambiamenti nelle condizioni ambientali: *D. pteronyssinus* e *D. farinae* sviluppano stadi di resistenza, mentre *E. maynei* tende a spostarsi.

Esistono modelli che mostrano come, in condizioni di crescita non ideali, una maggiore percentuale della popolazione di *E. maynei* sopravviva più a lungo rispetto a *T. putrescentiae*, acaro astigmatide delle derrate altamente invasivo (COLLOFF, 2009). Nonostante *E. maynei* abbia un potenziale biologico inferiore, tende a non resistere a condizioni difficili rimanendo sul posto, ma cerca attivamente ambienti più favorevoli, spostandosi e trasportando così allergeni a distanza. Tutto ciò, insieme

alle caratteristiche allergologiche identificate a livello genetico in questa specie (MORGAN *et al.*, 2015; 2017), fa di *E. maynei* un possibile candidato per l'aumento degli allergeni ambientali e per diventare una specie invasiva in vari ambienti (SIMONI e GRANDI, 2018).

Blomia tropicalis

Nelle zone tropicali o semi-tropicali, può essere prevalente anche l'allergia a *B. tropicalis*. La terminologia più comune di *B. tropicalis* (Famiglia: Glycyphagidae) è acaro delle derrate o acaro della farina o acaro del grano e caratterizza la sua distribuzione e i primi reperti (VAN BRONSWIJK e DE COCK, 1970; CARABALLO *et al.*, 2024): originariamente collegato principalmente agli ambienti agricoli, è ormai riconosciuto il suo contributo nelle allergie legate agli ambienti domestici in contesti urbani (SANTOS DA SILVA *et al.*, 2017). La sua distribuzione geografica è ampiamente diffusa, in particolare nelle zone tropicali e subtropicali degli Stati Uniti e dell'Europa, del Centro-sud America e dell'Asia nelle case assieme ad acari della polvere come *D. pteronyssinus*, *E. maynei* e *D. farinae*. Negli USA, *B. tropicalis* è il 4° acaro più comune. Studi di reazione crociata tra allergeni estratti di *B. tropicalis* con quelli di altre specie di acari dimostrano che l'effetto è maggiore tra *B. tropicalis* e l'acaro delle derrate *L. destructor* rispetto a *B. tropicalis* e *Dermatophagoides* spp.

Si può tranquillamente sostenere come la diffusione e la relativa sensibilizzazione alla *B. tropicalis* sia in buona parte ascrivibile, oltre al movimento e spostamento delle persone, alle dinamiche determinate dal cambiamento climatico. Alcune varietà di *Blomia* spp., tra cui *B. tropicalis*, sono state trovate in paesi con clima più temperato di recente: *B. tropicalis* ha in dotazione un pool di allergeni che determinano un'allergia respiratoria simile a quella causata dagli acari della polvere. In aree subtropicali, queste allergie respiratorie sono già comuni. *B. tropicalis* potrebbe presto diventare un fattore più importante nelle allergie in tutto il mondo a causa della sua espansione verso un clima più temperato (HUBERT *et al.*, 2023).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

È necessaria una sempre più approfondita caratterizzazione dei possibili rischi e vantaggi per la salute, che includa valutazioni strutturali ed epidemiologiche nei vari scenari di cambiamento climatico. È necessario creare approcci praticabili per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici sulla salute negli ambienti interni che prendano in considerazione sia le conseguenze dirette che quelle indirette, a partire dalle ricadute sanitarie. Questi approfondimenti potrebbero essere basati su correlazioni epidemiologiche 'esposizione-risposta' che sono state modificate per tenere conto dei fattori ambientali interni e dei modelli di occupazione, outdoor e indoor, a partire dai dati raccolti all'aperto. In Fig. 2 si può confermare una sintesi di fattori e il flusso delle dinamiche in campo tenendo presente, quale conseguenza dei cambiamenti climatici, il

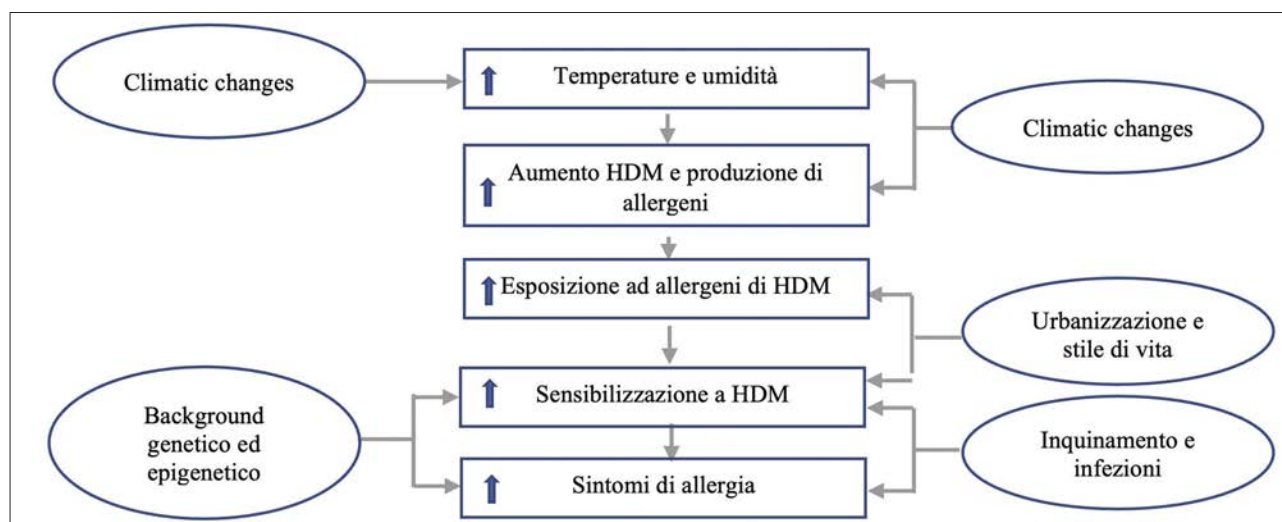


Fig. 2 - Quadro di insieme dei fattori che possono influenzare la crescita degli acari della polvere, l'esposizione agli allergeni, la sensibilizzazione e i sintomi allergici (modificato da ACEVEDO *et al.*, 2019).

trend in ascesa di temperature e umidità ambientale, HDM e produzione di allergeni, Esposizione ai relativi allergeni di HDM, della sensibilizzazione e sintomi di a HDM Sintomi di allergia. I risultati finali dipendono dall'interazione tra fattori genetici, di protezione ambientale e di rischio. Sebbene alcuni cambiamenti ambientali siano globali, si prevede che gli effetti sulla sensibilizzazione e sui sintomi dell'HDM nel prossimo futuro saranno a valenza sempre più regionali con più forte incidenza in ambienti domestici.

Nel complesso, è probabile che il cambiamento climatico agisca come un modificatore di rischio negli ambienti ambientale, amplificando potenzialmente i rischi per la salute esposizione a temperature interne elevate, inquinanti atmosferici, acqua, allergeni e muffe e aggravare le disuguaglianze sanitarie. Per sostenere i benefici per la salute umana, oltre a perseguire misure tempestive di adattamento e mitigazione ben mirate ed efficaci, finalizzate a ridurre al minimo tali rischi, si impone un approccio che contempli assolutamente, ed in modo puntuale, la lettura di quadri epidemiologici e delle situazioni di sviluppo sanitario da considerare ancor più in stretta relazione con i cambiamenti climatici.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia Roberto Nannelli per il prezioso supporto nella stesura del contributo

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO N., ZAKZUK J., CARABALLO L., 2019 - *House Dust Mite Allergy Under Changing Environments*. - Allergy Asthma Immunol Res., 11(4): 450-469. doi: 10.4168/aaair.2019.11.4.450.

ALESSANDRI A., CATALANO F., DE FELICE M., 2017 - *Multi-scale enhancement of climate prediction over land by increasing the model sensitivity to vegetation variability in EC-Earth*. - Climate Dynamics, 49: 1215-1237 <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3372-4>.

AMINI H., AMINI M., WRIGHT R.O., 2024 - *Climate Change, Exposome Change, and Allergy: A Review*. - Immunology and Allergy Clinics of North America, 44(1): 1-13.

BAROUKI R., 2024 - *A toxicological perspective on climate change and the exposome*. - Front. Public Health 12:1361274. doi: 10.3389/fpubh.2024.1361274.

BEGGS P.J., CLOT B., SOFIEV M., JOHNSTON F.H., 2023 - *Climate change, airborne allergens, and three translational mitigation approaches*. - EbioMedicine, 93:104478. doi: 10.1016/j.ebiom.2023.104478.

CARABALLO L., LOCKEY R., PUERTA L., ZAKZUK J., ACEVEDO N., FERNÁNDEZ-CALDAS E., 2024 - *Blomia tropicalis: A 50-Year History*. - J. Allergy Clin. Immunol. Pract., 20: 2213-2198(24)01172-3. doi: 10.1016/j.jaip.2024.11.007.

CECCHI L., D'AMATO G., AYRES J.G., GALAN C., FORASTIERE F., FORSBERG B., GERRITSEN J., NUNES C., BEHRENDT H., AKDIS C., DAHL R., ANNESI-MAESANO I., 2010 - *Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology*. - Allergy, 5(9): 1073-81. doi: 10.1111/j.1398-9995.2010.02423.

CHARPIN D., 2021 - *Climate change and house-dust mite allergy*. - The Journal of Climate Change and Health, Climate change and house-dust mite allergy, 2: 100012. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100012>.

COLLOFF M., 2009 - *Dust Mites*. - Csiro Entomology Eds. 583 pagine. doi = {10.1007/978-90-481-2224-0}.

D'AMATO G., CHONG-NETO H.J., MONGE ORTEGA O.P., VITALE C., ANSOTEGUI I., ROSARIO N., HAAHTELA T., GALAN C., PAWANKAR R., MURRIETA-AGUTTES M., CECCHI L., BERGMANN C., RIDOLO E., RAMON G., GONZALEZ DIAZ S., D'AMATO M., ANNESI-MAESANO I., 2020 - *The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens*. - Allergy, 75(9): 2219-2228. doi: 10.1111/all.14476.

FRAZIER M.R., HUEY R.B., BERRIGAN D., 2006 - *Ther-*

- modynamics constrains the evolution of insect population growth rates: 'warmer is better'.* - American Naturalist, 168: 512-520. doi: 10.1086/506977
- GEHRING U., BRUNEKREEF B., FAHLBUSCH B., WICHMANN H.E., HEINRICH J., INGA Study Group, 2005 – *Are house dust mite allergen levels influenced by cold winter weather?* - Allergy, 60:1079-1082.
- GUTOWSKA-ŚLESİK J., SAMOLIŃSKI B., KRZYCH-FALTA E., 2023 – *The increase in allergic conditions based on a review of literature.* - Postepy Dermatol Allergol., 40(1): 1-7. doi: 10.5114/ada.2022.119009.
- HUBERT J., VRTALA S., SOPKO B., DOWD S.E., HE Q., KLIMOV P.B., HARANT K., TALACKO P., ERBAN T., 2023 – *Predicting Blomia tropicalis allergens using a multiomics approach.* – Clin. Transl. Allergy, 2023 Oct;13(10): e12302. doi: 10.1002/ct2.12302. PMID: 37876035; PMCID: PMC10542617.
- IPCC, 2022 - *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Pörtner H.O., Roberts D.C., Tignor M., Poloczanska E.S., Mintenbeck K., Alegría A., Craig M., Langsdorf S., Lösschke S., Möller V., Okem A., Rama B. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- JEONG A., LOVISON G., BUSSALLEU A., CIRACH M., DADVAND P., DE HOOGH K., FLEXEDER C., HOEK G., IMBODEN M., KARRASCH S., KOPPELMAN G. H., KRESS S., LJUNGMAN P., MAJEWSKA R., PERSHAGEN G., PICKFORD R., SHEN Y., VERMEULEN R.C.H., VLAANDEREN J. J., VOGLI M., WOLF K., YU Z., MELÉN E., PAC A., PETERS A., SCHIKOWSKI T., STANDL M., GEHRING U., PROBST-HENSCH N., 2025 - *Lung function-associated exposome profile in the era of climate change: Pooled analysis of 8 population-based European cohorts within the EXPANSE project.* - Environment International, 196, 109269. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109269>.
- LUSCHKOVA D., TRIDL HOFFMANN C., LUDWIG A., 2022. – *Climate change and allergies.* - Allergo J Int. 2022;31(4):114–20.
- MADDEN A.A., BARBERÁN A., BERTONE M. A., MENNINGER H. L., DUNN R.R., FIERER N., 2016 – *The diversity of arthropods in homes across the United States as determined by environmental DNA analyses.* - Molecular Ecology 25, 6214–6224. doi: 10.1111/mec.13900
- MANSOURI A., WEI W., ALESSANDRINI J.M., MANDIN C., BLONDEAU P., 2022 - *Impact of Climate Change on Indoor Air Quality: A Review.* - Int. J. Environ. Res. Public Health, 19, 15616. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315616>
- MORGAN M.S., DI ANN L., VYSZENSKI-MOHER M.S., ARLIAN L.G., 2015 - *Population Growth and Allergen Content of Cultured Euroglyphus maynei House Dust Mites.* - Int. Arch. Allergy Immunol., 166(4): 267-272. doi: 10.1159/000381854.
- MORGAN M.S., RIDER S.D., ARLIAN L.G., 2017 - *A Draft Genome of Euroglyphus maynei with Predicted Allergens.* – J. Allergy and Clinical Immunology, suppl. S; St. Louis 139.2.
- REINMUTH-SELZLE K., KAMPF C. J., LUCAS K., LANG-YONA N., FROELICH-NOWOISKY J., SHIRAIWA M., LAKEY P. S. J., LAI S., LIU F., KUNERT A. T., ZIEGLER K., SHEN F., SGARBANTI R., WEBER B., BELLINGHAUSEN I., SALOGA J., WELLER M. G., DUSCHL A., SCHUPPAN D., POESCHL U., 2017 - *Air Pollution and Climate Change Effects on Allergies in the Anthropocene: Abundance, Interaction, and Modification of Allergens and Adjuvants.* - Environmental Science & Technology, 51(8): 4119-4141. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04908>
- SANTOS DA SILVA E., ASAM C., LACKNER P., HOFER H., WALLNER M., SILVA PINHEIRO C., ALCÂNTARA-NEVES N.M., FERREIRA F., 2017 - *Allergens of Blomia tropicalis: An Overview of Recombinant Molecules.* - Int. Arch. Allergy Immunol., 172(4): 203-214. doi: 10.1159/000464325.
- SIMONI S., GRANDI G., 2018 - *Ticks and dust mites: invasive and health-affecting borderline organisms.* - In: Invasive species and human health (G. Mazza, E. Tricarico Eds) CAB International, pagine 49–62. doi:10.1079/9781786390981.0049,
- SOLARZ K., OBUCHOWICZ A., ASMAN M., NOWAK W., WITEK J., PIETRZAK J., MAREK M., ŁONAK A., STADNICKA I., HAJDUGA-STAŚKO B., 2021 - *Abundance of domestic mites in dwellings of children and adolescents with asthma in relation to environmental factors and allergy symptoms.* - Scientific Reports, 11(1): 18453.
- SOUSA M.L., DIMOVA S., ATHANASOPOULOU A., RIANNA G., MERCOGLIANO P., VILLANI V., NOGAL M., GERVASIO H., NEVES L., BASTIDAS-ARTEAGA E., TSIONIS G., 2020 - *Expected implications of climate change on the corrosion of structures, EUR 30303 EN.* - Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020 doi:10.2760/05229, JRC121312.
- VACKOVA T., PEKAR S., KLIMOV P.B., HUBERT J. 2023 - *Population growth and respiration in the dust mite Dermatophagoides farinae under different temperature and humidity regimes.* - Experimental and Applied Acarology, 89 (2): 157–69.
- VAN BRONSWIJK J.E., DE COCK A.W., OSHIMA S., 1974 - *The genus Blomia Oudemans (Acari: Glycyphagidae) I. Description of Blomia tropicalis sp. n. from house dust in tropical and sub-tropical regions.* – Acarologia, 15(3): 477-89.
- VARDOLAKIS S., DIMITROULOPOULOU C., THORNES J., LAI K.M., TAYLOR J., MYERS I., HEAVISIDE C., MAVROGIANNI A., SHRUBSOLE C., CHALABI Z., DAVIES M., WILKINSON P., 2015 - *Impact of climate change on the domestic indoor environment and associated health risks in the UK.* – Environ. Int., 85: 299-313 <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100012>.
- ZOCK J.P., HEINRICH J., JARVIS D., VERLATO G., NORBÄCK D., PLANA E., SUNYER J., CHINN S., OLIVIERI M., SOON A., VILLANI S., PONZIO M., DAHLMAN-HOGLUND A., SVANES C., LUCZYNSKA C., 2006 - *Indoor Working Group of the European Community Respiratory Health Survey II. Distribution and determinants of*

*house dust mite allergens in Europe: the European
Community Respiratory Health Survey II.* - J. Al-

lergy Clin. Immunol., 118(3): 682–90. [https://doi.
org/10.1016/j.jaip.2024.11.007](https://doi.org/10.1016/j.jaip.2024.11.007).

RIFLESSIONI SU INSETTI INFESTANTI LE DERRATE

SARA SAVOLDELLI - LUCIANO SÜSS

Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione e l'Ambiente, Università degli Studi di Milano, Via G. Celoria 2, 20113 Milano, Italia

E-mail: sara.savoldelli@unimi.it, luciano.suss@unimi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana".
Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Reflections on stored product pests

Preservation of food commodities is a critical challenge to ensure food security, reduce waste and maintain product quality. Stored-product pests are organisms that damage stored commodities, including cereals, pulses, fruits, seeds, animal and plant materials. Insects are one of the major threats to food storage, causing significant physical, economic and health impacts. Their activity not only affects the quantity and quality of stored products, but also leads to contamination by frass, fragments and microorganisms.

Stored product pests share characteristics such as high adaptability, rapid reproduction and cosmopolitan distribution, facilitated by global trade. Many species are polyphagous, able to thrive on a variety of substrates, and have rapid life cycles, allowing for rapid population growth. Effective pest management requires an integrated approach based on the principles of Integrated Pest Management (IPM), which emphasises prevention, monitoring and direct control. Prevention includes facility design to minimise the risk of contamination, regular cleaning, waste management and staff training. Monitoring uses pheromone, food-based or light traps to detect the presence of pests and evaluate the effectiveness of interventions. Alternatives to chemical control, including mating disruption pheromones, heat treatments and biological control, are increasingly being used. Collaboration between researchers, growers and industry professionals is essential to develop innovative, sustainable solutions to the challenges of food storage pest management.

KEY WORDS: Stored-product pests, Integrated Pest Management, monitoring.

INTRODUZIONE

La conservazione delle derrate alimentari rappresenta una sfida cruciale per garantire la sicurezza alimentare, ridurre gli sprechi e preservare la qualità dei prodotti. Gli infestanti dei prodotti immagazzinati possono essere definiti come organismi dannosi per le merci immagazzinate di tutti i tipi, inclusi cereali, legumi, frutta, semi e materiali vegetali e animali. Tra i principali nemici della conservazione vi sono diversi insetti, che possono compromettere sia la quantità che la qualità delle derrate conservate, con conseguenze economiche e sanitarie rilevanti. L'impatto della loro presenza è quindi nella forma più semplice un danno fisico alla merce, ma può, in senso più ampio, estendersi a perdita economica in termini di qualità e accesso al mercato del prodotto.

Le specie che si trovano con maggiore frequenza sono quelle per le quali gli alimenti sono il substrato indispensabile per completare i cicli biologici. Poiché il grano è una delle principali merci immagazzinate a livello globale, gli infestanti dei cereali sono tra i più diffusi e comuni. Tra questi si possono ricordare gli infestanti di cereali in granella, come i punteruoli (*Sitophilus* spp.), il cappuccino dei cereali [*Rhyzopertha dominica* (F.)] e la tignola del grano [*Sitotroga cerealella* (Olivier)], oppure gli infestanti secondari e quelli dei prodotti derivati, come *Tribolium* spp., *Cryptolestes* spp., i lepidotteri *Plodia*

interpunctella (Hübner) ed *Ephestia kuehniella* Zeller, gli Psocotteri. I loro attacchi si perdono nella notte dei tempi; oltre che gli Egizi, in epoca più vicina si ricorda il ritrovamento di Curculionidi infestanti nelle cariossidi ormai carbonizzate, ad Ercolano, in conseguenza della storica eruzione del Vesuvio.

Se gli alimenti sono conservati in ambienti poco idonei, con elevata umidità ambientale, si possono sviluppare miceli fungini che attirano insetti e acari micetofagi, precisi indicatori di substrati alterati interessati dallo sviluppo di muffe. Insetti come blatte, ditteri e alcune formiche sono attratti dagli alimenti sia per cibarsene o, come nel caso dei ditteri, anche per deporre le uova. Queste specie devono essere considerate come potenziali vettori di organismi patogeni, in particolare le Blatte, purtroppo sempre più diffuse e certamente provenienti dall'Africa equatoriale, e i Ditteri Muscidi, Calliforidi e Sarcofagidi, strettamente collegati con l'uomo e la cui presenza nelle industrie alimentari risulta essere un vero flagello.

Vi sono poi insetti dell'ambiente che possono contaminare accidentalmente gli alimenti in quanto attratti all'interno dei magazzini e dei reparti produttivi da luci e lampade, o più semplicemente perché alla ricerca di un riparo al chiuso, quando le condizioni esterne non sono più favorevoli. È il caso per esempio della cimice asiatica, *Halyomorpha halys* Stål, che può annidarsi a fine stagione nei bancali in legno stoccati all'esterno delle azien-

de alimentari e quando questi vengono portati in reparto, le cimici riprendono l'attività, camminando o volando, con il serio rischio di contaminare i prodotti o di finire all'interno delle confezioni.

CARATTERISTICHE DEGLI INFESTANTI LE DERRATE

Gli insetti delle derrate hanno alcune caratteristiche che li accomunano quali una buona adattabilità, un'elevata capacità riproduttiva e la diffusione. Molte specie sono polifaghe e in grado di adattarsi a substrati differenti, riuscendo a portare a termine i cicli di sviluppo su una vasta gamma di prodotti, dai cereali ai legumi, dalla frutta secca alle farine. In generale hanno cicli riproduttivi rapidi, che consentono loro di moltiplicarsi velocemente in presenza di un alimento idoneo; le femmine depongono un numero elevato di uova, spesso direttamente all'interno del substrato, come ad es. i punteruoli che depongono nelle cariossidi, garantendo la protezione della progenie. I danni che causano derivano dal consumo del prodotto da parte degli insetti nelle fasi giovanili e adulte; quelli indiretti includono la contaminazione dei substrati con escrementi, frammenti, esuvie e microrganismi, che possono compromettere la salubrità del prodotto.

Sono specie generalmente cosmopolite in quanto, favorite dagli scambi commerciali, possono essere trasportate facilmente attraverso il commercio globale, infestando nuovi ambienti e derrate. È il caso di *Prostephanus truncatus* che, anche in conseguenza degli intensi disboscamenti nelle regioni tropicali, riesce a raggiungere il nostro territorio via nave, oppure in container, certamente ben sigillati, ma sicuramente non in grado di difenderci da tale infestante. Si può anche ricordare il caso relativo a *Rhyzopertha dominica* che attorno al 1935 era giunta sul nostro territorio e che allora si dichiarava che mai si sarebbe insediata nei nostri ambienti, ma fu una pia illusione in quanto ora risulta presente anche nel porto di Amburgo ed in tutta la Germania.

LA GESTIONE INTEGRATA

Una gestione efficace degli infestanti delle derrate richiede un approccio sistematico che integri diverse strategie, in cui gli elementi chiave includono i principi che sono alla base dell'Integrated Pest Management (IPM). La prevenzione è un punto fondamentale del programma di gestione, in quanto nelle industrie alimentari l'ampia disponibilità di substrato e le condizioni ambientali pressoché costanti, favoriscono il continuo sviluppo degli insetti. In questi ambienti, l'assenza di predatori naturali e la disponibilità continua di cibo rendono necessario adottare misure preventive rigorose per evitare infestazioni. La prevenzione deve iniziare già dalla progettazione degli edifici e degli impianti, con un approccio che minimizzi i rischi di accumulo di polveri e detriti e faciliti la pulizia e la manutenzione. Gli edifici devono essere progettati per esempio evitando angoli o fessure difficilmente accessibili, dove si possono accumulare facilmen-

te detriti, così come le superfici interne, come pareti e pavimenti, devono essere lisce per impedire l'adesione di polvere e sporco; gli impianti devono essere installati a distanza dalle pareti e dagli angoli per consentire operazioni di pulizia agevoli; tubazioni e canaline porta cavi devono essere ben sigillate e progettate per consentire ispezioni regolari. È inoltre importante mantenere porte e finestre chiuse quando non utilizzate, dotandole di reti anti-insetto rimovibili per facilitarne la pulizia, e inclinare i davanzali verso l'esterno per impedire l'accumulo di polvere o acqua. La pulizia rappresenta la pratica preventiva per eccellenza. È necessario implementare un piano dettagliato che definisca modalità, strumenti, frequenze e personale responsabile per la pulizia di ambienti e macchinari, sia interni che esterni. Una corretta gestione dei rifiuti e degli scarti di lavorazione, anche nelle aree circostanti gli edifici, contribuisce a limitare la proliferazione degli infestanti. È inoltre fondamentale sensibilizzare e formare il personale in modo che gli operatori siano responsabilizzati e consapevoli del ruolo fondamentale di una pulizia accurata e regolare.

Il secondo pilastro della gestione integrata è il monitoraggio che viene effettuato attraverso l'uso di trappole a feromone, alimentari o luminose per catturare gli insetti e rilevare la loro presenza. Il rilievo delle catture dovrebbe essere frequente, almeno mensile, e affiancato da ispezioni visive per individuare eventuali tracce di infestazione. I dati di monitoraggio sono un utile strumento per programmare interventi di disinfestazione - che se tempestivi possono essere circoscritti a un'area o a un reparto -, ma servono anche a valutarne l'efficacia, confrontando il numero di catture prima e dopo tali interventi. Il monitoraggio è quindi uno strumento essenziale poiché, se i dati raccolti vengono interpretati e usati nel modo corretto, consentono di capire se quanto messo in atto nei confronti degli infestanti sta avendo gli effetti sperati o se è necessario cambiare le strategie di intervento. Questo è ancora più utile oggi con la limitazione o scomparsa di molti formulati che in passato venivano usati largamente nella lotta diretta contro questi infestanti.

In alcuni ambienti però il monitoraggio con sistemi tradizionali è difficoltoso o non fattibile: è il caso dei magazzini di stoccaggio autoportanti, alti fino a 45 m dove vengono stoccati migliaia di pallets con prodotti differenti. In questi ambienti è difficile accorgersi tempestivamente di infestazioni in atto ed è inoltre molto complicato intervenire; è per questi motivi che diventano fondamentali tutte le pratiche di prevenzione per salvaguardare il prodotto finito da eventuali infestanti.

Per la gestione diretta delle infestazioni è sempre più diffuso l'impiego di mezzi alternativi a quelli chimici, come l'impiego di feromoni per la confusione sessuale per i lepidotteri, i trattamenti di industrie e magazzini vuoti con calore o la lotta biologica nei riguardi degli organismi infestanti.

Quest'ultima, seppur promettente e potenzialmente efficace, deve essere attentamente valutata all'interno di industrie alimentari per evitare che insetti utili possano finire accidentalmente a contaminare gli alimenti.

Gli insetti infestanti rappresentano una minaccia significativa per la conservazione delle derrate alimentari. Tuttavia, attraverso un approccio integrato e sostenibile è possibile minimizzare i danni e garantire la sicurezza

alimentare. La collaborazione tra ricercatori, produttori e operatori del settore è essenziale per sviluppare soluzioni innovative e rispettose dell'ambiente, capaci di affrontare le sfide legate alla gestione degli infestanti.

INSETTI DANNOSI A BIBLIOTECHE, ARCHIVI E MANUFATTI LIGNEI: CASI STUDIO PER LA GESTIONE E TUTELA DEI BENI

EZIO PERI^a - MARIA CRISTINA REGUZZI^b

^a Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italia

^b Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili, Università Cattolica Sacro Cuore, Piacenza, Italia.

Corrispondente Autore: Ezio Peri, email: ezio.peri@unipa.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana".

Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Insect pests in libraries, archives and wooden artifacts: case studies for the management and protection of Cultural Heritage

The conservation of cultural heritage is a very broad topic, as it involves the management of several risks. In particular, heritage assets are frequently subject to biodeterioration. Numerous insect pest species play a key role in damaging structures and objects in museums, archives, libraries and historic buildings. For preventing and controlling insect pests an Integrated Pest Management (IPM) approach has been successfully developed. In particular, it focuses on strategies based on pest detection and prevention as these can avoid or minimize the loss of often highly valuable cultural resources representing fundamental testimonies of the past that need to be preserved for future generations.

KEY WORDS: IPM, prevention measures, monitoring activity

INTRODUZIONE

Molti dei beni mobili e immobili che ricadono nell'insieme dei Beni culturali sono costituiti da materiali di natura organica soggetti ad attività di biodegradazione. Il legno costituisce strutture portanti quali tetti, soffitti, opere d'arte - pannelli dipinti, statue e mobili - e strutture a supporto, quali cornici e scaffali; la carta rappresenta il componente principale di volumi e libri antichi; fibre tessili, pelle, pergamena, cuoio sono stati utilizzati per oggetti conservati in musei e collezioni pubbliche e private; piante essiccate e semi sono importanti reperti conservati negli erbari degli Orti botanici. Per la loro natura organica, tutti questi Beni rappresentano una sorgente di nutrimento per numerosi agenti biotici - batteri, funghi, insetti - che con la loro attività ripetuta nel tempo operano una degradazione delle matrici, con conseguente impatto sia estetico che funzionale rilevante, determinando serie problematiche in termini di conservazione dei Beni culturali.

PRINCIPALI SPECIE DI INSETTI DANNOSI AI BENI CULTURALI

Tra i diversi agenti biotici, un ruolo rilevante è occupato dagli insetti la cui azione compromette, talvolta in maniera irreparabile, strutture lignee di chiese e dimore storiche, statue, quadri ed oggetti di musei, volumi e libri antichi (LIOTTA, 2003, 2007; QUERNER, 2015; TREMATERRA e PINNIGER, 2018).

Alcune specie di Tisanuri (e.g. *Lepisma saccharina* e *Thermobia domestica*) sono responsabili di danni a libri, sia a carico della carta che della colla amidacea delle rilegature, e collezioni di fotografie, così come gli Psocotteri

(e.g. *Liposcelis bostrychophila*), sono infestanti di collezioni di insetti, erbari e mobili imbottiti con materiale di origine vegetale.

Diverse specie di Lepidotteri (e.g. *Tineola bisselliella* e *T. pellionella*) causano gravi danni a tessuti e arazzi, oggetti e collezioni museali, in quanto le loro larve si nutrono a spese soprattutto di fibre tessili. Danni simili, soprattutto su tessuti di origine animale come lana, seta, pelliccia, pelle, cuoio, sono prodotti da alcune specie di Coleotteri dermestidi appartenenti ai generi *Anthrenus* (e.g. *Anthrenus verbasci*), *Attagenus* (e.g. *Attagenus pellio*) e *Dermestes* (e.g. *Dermestes maculatus*); per le loro preferenze alimentari, queste specie possono danneggiare anche rilegature di libri per le quali è stata utilizzata colla animale e collezioni di insetti e animali imbalsamati. Altri coleotteri come gli anobini *Lasioderma serricorne* e *Stegobium paniceum* (Ptinidae) sono tra i principali agenti di degrado di materiale vegetale disseccato presente negli erbari e nelle collezioni dei musei, mentre altre specie di Coleotteri sono invece responsabili di danni a strutture e manufatti lignei (Fig. 1 A-B).

In particolare, gli anobini (Ptinidae) (e.g. *Anobium punctatum*, *Nicobium castaneum*, *Oligomerus ptilinoides*, *Ptilinus pectinicornis* e *Xestobium rufovillosum*) e lictini (Bostrychidae) (e.g. *L. africanus* e *Lyctus brunneus*) sono particolarmente pericolosi per manufatti come mobili, pannelli e tavole dipinte e i loro supporti, sia per i numerosi fori di sfarfallamento degli adulti, sia per le gallerie scavate dalle larve, la cui manifestazione evidente è il rosario polverulento che si accumula all'esterno; l'attacco dei cerambicidi (e.g. *Hylotrupes bajulus*) risulta invece molto più rilevante su strutture lignee



Fig. 1 - Danni da insetti su materiale ligneo: coleotteri cerambicidi su trave (A); coleotteri anobini su candelabro (B); parte di una colonia di *Cryptotermes brevis* all'interno di un cassettone; *Reticulitermes lucifugus* su volumi in archivio (A-B foto Ezio Peri; C Sara Basile; D Gaetano Matranga).

più consistenti, come le travi di tetti e solai, in cui le gallerie scavate dalle larve possono determinare anche problemi di stabilità meccanica.

Strutture e manufatti lignei sono particolarmente appetiti dalle termiti (Blattodea) che, se non adeguatamente controllate, possono disgregare completamente il substrato attaccato, determinando persino cedimenti meccanici quando l'attacco interessa strutture portanti. In particolare, *Kaloterms flavicollis* (Kalotermitidae) e *Reticulitermes lucifugus* (Rhinotermitidae) sono responsabili di gravi danni alle strutture lignee di chiese e dimore storiche - travi, soffitti lignei, solai - nonché a volumi e materiale cartaceo conservati in biblioteche e archivi storici; minori in termini numerici, e probabilmente sottostimati, sono invece le segnalazioni di attacchi di *Cryptotermes brevis* (Kalotermitidae), sia perché generalmente confinati su manufatti mobili, sia per le dimensioni ridotte delle colonie (Fig. 1 C-D).

LA GESTIONE DELLE INFESTAZIONI

Quando si è in presenza di beni culturali, non riproducibili e pertanto di grande valore, il danno prodotto dagli insetti infestanti, così come in generale quello di altri agenti di degrado biotici e abiotici, può risultare particolarmente grave con conseguenze non solo economiche,

sull'indotto generato dai numerosi turisti e visitatori, e sociali sull'occupazione e lo sviluppo del territorio, ma anche culturali per la potenziale perdita del patrimonio artistico, storico e culturale di una nazione.

C'è dunque la necessità o meglio l'obbligo di proteggere questo patrimonio adottando le strategie più idonee. In quest'ottica, anche in questo campo si è sviluppato un approccio basato sui principi dell'*Integrated Pest Management* (IPM), non solo per ridurre gli effetti negativi dei trattamenti chimici, ma, soprattutto, per prevenire le infestazioni al fine di ridurre al minimo le perdite (QUERNER, 2015; TREMATERRA e PINNIGER, 2018). La possibilità di ricorrere a metodi alternativi ai trattamenti chimici permette di ridurre gli effetti negativi di questi ultimi a diversi livelli, come rischi per la salute umana, resistenza negli insetti, alterazioni nei materiali trattati (VALENTIN e PREUSSER, 1990; PINNIGER, 2015). Esempi di strategie alternative sono l'uso di trattamenti fisici quali: atmosfera modificata, tecnica consigliata in particolare per beni delicati quali libri antichi, erbari e manufatti (BERGH *et al.*, 2003; BERZOLLA *et al.*, 2011a; QUERNER *et al.*, 2019), basse temperature, temperature controllate (STRANG, 1992; PINNIGER, 2003; BERZOLLA *et al.*, 2011b) e microonde (ROMEO e ZENI, 2022). Ovviamente, l'impiego di queste metodologie è da valutare in considerazione del contesto ambientale e dei materiali trattati, poiché po-

trebbero essere troppo dispendiose, poco efficaci o, di contro, determinare effetti negativi nei manufatti. Recentemente è stato suggerito anche il controllo biologico, al pari di quanto proposto nel comparto agroalimentare. Ad oggi questo metodo è ancora poco utilizzato, ma in letteratura si possono trovare alcune esperienze positive, ad esempio quelle effettuate in Germania in un museo e in una biblioteca storica, utilizzando i parassitoidi *Spathius exarator* e *Lariophagus distinguendus* per il controllo di due anobini, rispettivamente *A. punctatum* e *S. paniceum* (BIEBL e AUER, 2017; SCHÖLLER *et al.*, 2018).

Come anticipato, tuttavia, l'aspetto più importante dell'approccio IPM è l'impiego di strategie atte a prevenire le infestazioni e, di conseguenza, i danni. In quest'ottica, l'obiettivo è quello di impedire l'ingresso degli insetti nei locali, attraverso l'installazione di barriere fisiche o trappole per la cattura in prossimità di finestre, porte e altre possibili aperture; inoltre è fondamentale l'accurata pulizia, la gestione dei parametri ambientali e l'ispezione dei locali per evitare la presenza di sorgenti di cibo e habitat favorevoli allo sviluppo delle infestazioni, come i locali poco frequentati e bui, quali i locali di servizio e quelli di stoccaggio di manufatti in attesa di catalogazione o esposizione (PINNIGER e WINSOR 2004; QUERNER 2015; TREMATERRA e PINNIGER 2018).

Tra le misure preventive, particolarmente rilevanti sono la pronta individuazione dell'infestazione e la corretta identificazione della specie responsabile, in quanto da questi aspetti dipende poi una gestione efficace. Un esempio di quanto sia importante la corretta identificazione dell'agente di degrado è offerto dagli attacchi delle termiti, gruppo a cui appartengono specie caratterizzate da biologia e comportamenti differenti che è necessario conoscere

per definire l'esecuzione del corretto intervento. Sebbene recentemente siano state identificate altre specie di termiti, come *Kalotermes italicus*, *Reticulitermes flavipes* e *Reticulitermes urbis* (MARINI e MANTOVANI, 2002; LUCHETTI *et al.*, 2004; GHESINI *et al.*, 2011; GHESINI e MARINI, 2013), *K. flavicollis* e *R. lucifugus* sono le specie maggiormente responsabili di danni ai beni culturali. La prima specie nidifica in prossimità del legno attaccato, mentre la seconda ha il nido principale, spesso collegato a colonie secondarie tramite propaggini, nel terreno, talvolta anche a notevole distanza dalle strutture attaccate, e gli individui si muovono tra il nido, le colonie secondarie e le strutture attaccate. Durante questi spostamenti, *R. lucifugus* può costruire gallerie artificiali per proteggersi dalla luce; queste strutture, dette camminamenti, sono uno dei segni più evidenti durante la fase di ispezione. In caso di accertata infestazione, la gestione deve dunque prevedere interventi differenti in funzione della specie identificata. In particolare, nel caso di un'infestazione di *R. lucifugus*, si deve inizialmente verificare non solo la reale situazione fitosanitaria delle strutture attaccate, ma anche l'esatta dislocazione delle stesse, spesso a notevole distanza le une dalle altre (Fig. 2), e la possibile collocazione del nido nel terreno circostante. Successivamente, si deve prevedere il monitoraggio e la bonifica dell'intera area del sito (LIOTTA 2007; FERRARI *et al.*, 2011), in quanto senza l'eliminazione del nido principale qualunque trattamento della struttura attaccata darebbe un risultato solo apparente e di breve durata: l'infestazione si riproporrebbe per effetto di nuovi individui provenienti dalla colonia principale.

In altri contesti, soprattutto in musei, biblioteche e archivi, in fase preventiva è di fondamentale importanza l'attenta ispezione delle nuove acquisizioni, even-



Fig 2. Danni da *Reticulitermes. lucifugus* e dislocazione degli stessi all'interno di un sito soggetto ad infestazione (la lettera nel cerchio indica la posizione nel sito): particolare di un cassetto e del pavimento della sacrestia (A); particolare di un portone (B); tronco d'albero nel giardino attiguo alla chiesa (C) (Cattedrale della Natività di Maria Santissima, Siracusa -foto Ezio Peri e Gaetano Matranga).

tualmente accompagnata da misure di quarantena, dal momento che spesso le infestazioni si originano da materiale precedentemente infestato. Se una non adeguata analisi del materiale introdotto si associa a ispezioni non regolarmente cadenzate, un'eventuale infestazione può determinare effetti particolarmente gravi, in grado di compromettere buona parte del patrimonio conservato, come è accaduto a seguito di un'infestazione da parte del coleottero anobino *Gastrallus pubens* all'interno di una biblioteca storica di Palermo, sede di un'importante collezione di volumi antichi consultabili solo su richiesta motivata (Fig. 3), (PERI *et al.*, 2024).

soprattutto nel sempre più consolidato approccio di conservazione preventiva.

L'IPM dei beni culturali segue chiari principi, tra i quali continue ispezioni e corretti piani di monitoraggio, per gestire a dovere anche il rischio di attacchi di insetti.

La norma europea CEN EN 16790:2016 "*Conservation of Cultural Heritage – Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage*" rappresenta un'interessante guida poiché descrive la metodologia esaustiva applicata alla protezione del patrimonio culturale.

Per poter progettare piani di azione appropriati è necessario, come primo passaggio, identificare tutti i fattori

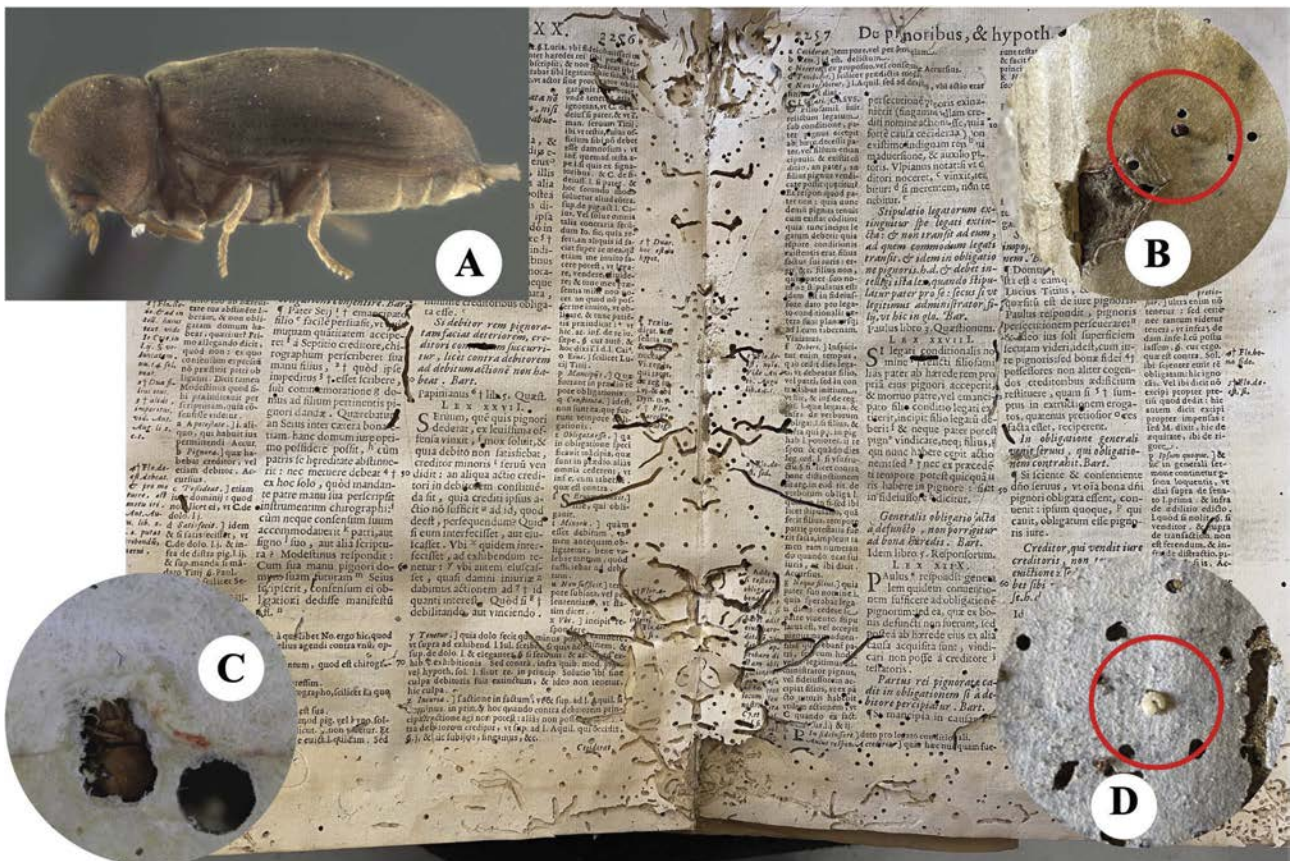


Fig 3. Danni da *Gastrallus pubescens* su un volume antico; adulto (A); adulto mentre emerge (B) e all'interno della cella pupale (C): larva (D) (foto Giuliano Cerasa ed Ezio Peri).

IL MONITORAGGIO IN BIBLIOTECHE STORICHE E IN ARCHIVI NEL PIANO IPM

La pronta individuazione dell'infestazione, come già riportato, è particolarmente rilevante e si inserisce perfettamente tra le diverse attività dei piani IPM. Il monitoraggio degli insetti dannosi consente di individuare tempestivamente le infestazioni attive e, attraverso la raccolta di campioni, permette di identificare correttamente le specie responsabili, localizzare i manufatti infestati e individuare le aree a rischio all'interno di grandi edifici, come chiese e dimore storiche.

In un'ottica di multidisciplinarietà, indispensabile per poter affrontare con competenza i rischi molto diversificati che un bene culturale incontra nella sua vita, i piani di IPM entomologici diventano molto utili ed efficaci,

di rischio connessi agli insetti nella struttura/bene culturale oggetto di indagine. Pertanto, è indispensabile conoscere:

- quali sono i materiali che compongono i beni culturali;
- in che ambiente è collocato l'ente di gestione;
- in quale stato si trovano i locali.

Queste informazioni permettono di stilare un elenco di probabili specie di insetti dannosi e di conseguenza indicano come orientare l'ispezione visiva, scegliere il tipo di trappola da utilizzare e in quali punti dell'edificio collocarle, nonché quali sono le azioni da intraprendere nel breve periodo per minimizzare i rischi (NILSEN *et al.*, 2019; REGUZZI *et al.*, 2024).

Il monitoraggio raggiunge lo scopo solo se messo in atto di continuo nel tempo e se il piano impostato viene sottoposto periodicamente a verifica e, se necessario,

a interventi correttivi in base ai dati raccolti. Inoltre, il monitoraggio deve continuare anche dopo un eventuale intervento di trattamento dell'infestazione rilevata.

Un piano efficace deve comprendere nello stesso tempo il monitoraggio visivo e il monitoraggio con l'ausilio di trappole.

Le ispezioni visive possono essere svolte periodicamente anche da personale esperto esterno all'ente di conservazione, ma sarà sicuramente molto più efficace nel caso in cui venga previsto il coinvolgimento del personale addetto alle pulizie dei locali, cui indirizzare un'appropriata formazione, perché ha molte più probabilità di intercettare precocemente segni dell'attività degli insetti, ad esempio il rosume, e di segnalarlo in maniera appropriata prima di asportarlo.

Altro aspetto molto importante è la comunicazione del piano di monitoraggio, non solo al pubblico ma anche al personale interno e al personale delle pulizie. Informare dello scopo per cui sono state posizionate le trappole può sembrare un aspetto poco connesso al monitoraggio stesso; al contrario è importante, perché la manomissione e/o l'asporto di trappole da persone non sensibilizzate su quanto si sta facendo fa perdere dati che possono essere piuttosto rilevanti, soprattutto in enti molto grandi, inficiando l'efficacia del monitoraggio stesso.

Tornando alla norma CEN EN 16790:2016, l'allegato D (*Example of an IPM inspection check list*) è un utile strumento per raccogliere informazioni fondamentali anche per l'impostazione del piano di monitoraggio. Un esempio di questa prassi è rappresentato dal monitoraggio effettuato in tre siti, due biblioteche storiche, una a Cremona e una a Piacenza, e un archivio a Cremona, nel triennio 2021-2023, allo scopo di verificare, mediante l'utilizzo di trappole a colla, le specie di Zigentomi Lepismatidi eventualmente presenti nelle strutture. Le catture hanno tuttavia permesso di delineare un quadro più complesso; infatti, le catture effettuate nei 3 anni di monitoraggio (Fig. 5) hanno dimostrato la presenza di microhabitat dove si sono insediati vari gruppi di insetti, non tutti direttamente responsabili di degrado dei beni culturali, ma indicativi della necessità di intervenire perlomeno con varie azioni di prevenzione. Innanzitutto, è stato possibile verificare che la maggior parte dei Lepismatidi catturati non appartiene al genere *Lepisma*, bensì al genere *Ctenolepisma*, come riportato da studi effettuati in Centro e Nord Europa

(GODDARD *et al.*, 2016; KULMA *et al.*, 2022; QUERNER *et al.*, 2022). Inoltre è abbastanza frequente la presenza di Dermestidi, i quali non solo trovano fonti di nutrimento nei materiali di origine animale presente nei libri antichi ma sono anche in grado di svilupparsi a spese di insetti morti presenti nei locali. Infine, è stata evidenziata la presenza di psocotteri e, in particolare, di una specie nuova successivamente identificata come *Sphaeropsocopsis utriusquemariaechristinae* (Psocodea: Sphaeropsocidae) (NICOLI ALDINI, 2023).

CONCLUSIONI

Custodire e preservare il patrimonio culturale, artistico e storico è una responsabilità morale da parte di tutti non solo per apprezzarne il valore, ma soprattutto per renderlo fruibile alle generazioni future, in modo che queste possano continuare a esplorare e imparare dalla ricchezza del passato.

Tuttavia, la conservazione dei beni culturali rappresenta un tema estremamente ampio, in quanto prevede la gestione di innumerevoli rischi, a partire da fenomeni esterni e di enorme portata, come i terremoti, fino ad arrivare a rischi interni alla struttura stessa di conservazione, come gli agenti di degradazione. Nell'ambito di questi ultimi, gli insetti rappresentano solo una parte degli organismi che possono causare danni al bene culturale. Nonostante ciò, sarebbe un errore sottovalutare la loro pericolosità. Non è raro, infatti, imbattersi in beni danneggiati in maniera irreparabile a causa di infestazioni entomatiche trascurate. Nell'ottica di gestione di questo tipo di infestazioni è necessario intervenire secondo un approccio IPM, soprattutto in modo da favorire tutte quelle buone pratiche che riescano a prevenire o limitare i rischi, al fine di evitare o ridurre al minimo la perdita di beni, spesso di grande valore e in molti casi non riproducibili e che, soprattutto, rappresentano una fondamentale testimonianza del passato.

BIBLIOGRAFIA

BERGH J.E., STENGÅRD HANSEN L., JENSEN K. M., NIELSEN P. V., 2003 - *The effect of anoxic treatment on the larvae of six species of Dermestids (Coleoptera)*. - J. App. Entomol., 127: 317-321.

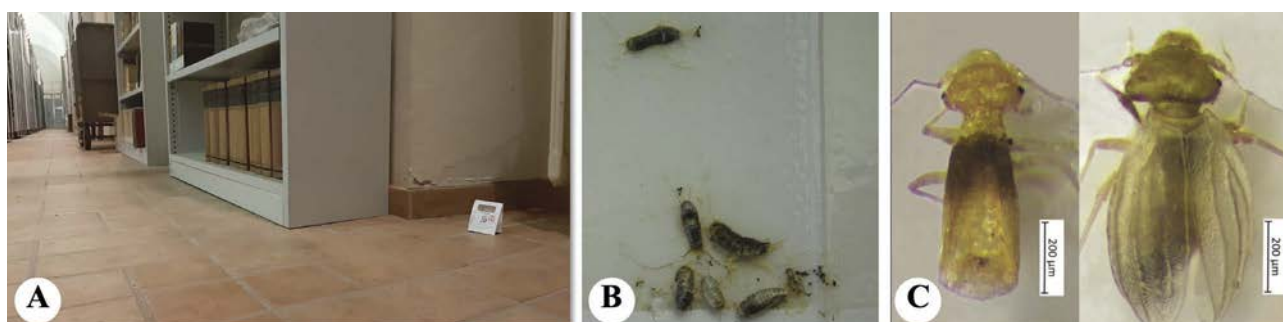


Fig. 4 –Monitoraggio degli insetti striscianti: trappola installata in archivio (A) (foto M. Cristina Bertonazzi); *Ctenolepisma* sp. (B) (foto Diproves - UCSC Piacenza); *Sphaeropsocopsis utriusquemariaechristinae* maschio (sx) e femmina (dx) (C) (foto Rinaldo Nicoli Aldini)

- BERZOLLA A., REGUZZI M.C., CHIAPPINI E., 2011a. - *Controlled atmospheres against insect pests in museums: a review and some considerations*. - J. Ent. Acarol. Res., 43: 197-204
- BERZOLLA A., REGUZZI M.C., CHIAPPINI E., 2011b. - *Preliminary observations on the use of low temperatures in the cultural heritage protection*. - J. Ent. Acarol. Res., 43: 191-196.
- BIEBL S., AUER J., 2017 - *Practical use of braconid wasps for control of the common furniture beetle (Coleoptera: Anobiidae)*. - In 9th International Conference on Urban Pests, edited by M. P. Davies, C. Pfeiffer, and W. H. Robinson, 367-375. Birmingham, UK.
- FERRARI R., GHESINI S., MARINI M., 2011 - *Reticulitermes urbis in Bagnacavallo (Ravenna, Northern Italy): a 15-year experience in termite control*. - J. Ent. Acarol. Res., 43: 287-290.
- GHESINI S., PILON N., MARINI M., 2011 - *A new finding of Reticulitermes flavipes in northern Italy*. - Bull. Insectology, 64: 83-89.
- GHESINI S., MARINI M., 2013 - *A dark-necked dry-wood termite (Isoptera: Kalotermitidae) in Italy: Description of Kalotermes italicus sp. nov.* - Fla. Entomol. 2013, 96: 200-211.
- GODDARD M.R., FOSTER C.W., HOLLOWAY G.J., 2016 - *Ctenolepisma longicaudata* (Zygentoma: Lepismatidae) new to Britain. - Br. J. Ent. Nat. Hist., 29: 2016
- KULMA M., MOLERO-BALTANAS R., PETRYL M., PATOKA J., 2022 - *Invasion of synanthropic silverfish continues: first established populations of Ctenolepisma calvum (Ritter, 1910) revealed in the Czech Republic*. - Bio-Invasions Records, 11: 110-123.
- LIOTTA G., 2003 - *Gli insetti ei danni del legno*. Firenze: Nardini, 150 pp
- LIOTTA G., 2007 - *Agli insetti piacciono le opere d'arte*. EDIMED, Palermo, 216 pp
- LUCHETTI A., TRENTA M., MANTOVANI B., MARINI M., 2004 - *Taxonomy and phylogeny of north mediterranean Reticulitermes termites (Isoptera, Rhinotermitidae): a new insight*. - Insectes Sociaux, 51: 117-122.
- MARINI M., MANTOVANI B., 2002 - *Molecular relationships among European samples of Reticulitermes (Isoptera, Rhinotermitidae)*. - Mol. Phylogenet. Evol., 22: 454-459.
- NICOLI ALDINI R., 2023 - *A significant novelty for the Palaearctic entomofauna: Sphaeropsocopsis (Italopsocopsis n. subgen.) utriusquemariaechristinae n. sp. (Insecta Psocodea Troctomorpha Sphaeropsocidae), a new synanthropic psocid living in northern Italy*. - Biodivers. J., 14: 649-664.
- NILSEN L., CHEF HOLMBERG I., HAGGSTROM C., 2019 - *We have an IPM standard – now what?* In “Integrated Pest Management (IPM) for Cultural Heritage - Proceedings from the 4th International Conference in Stockholm, Sweden, 21–23 May 2019.
- NORMA EUROPEA CEN - EN 16790:2016 “*Conservation of Cultural Heritage – Integrated Pest Management (IPM) for protection of cultural heritage*”, 53 pp.
- PERI E., SAVOLDELLI S., JUCKER C., MATRANGA G., DI BELLA M., GUARINO S., CERASA G., 2024 - *A Cultural Threat: Gastrallus pubens Fairmaire (Coleoptera, Ptinidae) and Biodeterioration of Rare Books in Italy*. - Stud. Conserv., 1-13.
- PINNIGER D.B., 2003 - *Saving our treasures - Controlling Museum pests with temperature extremes*. - Pestic. Outlook, 14: 10–11.
- PINNIGER D. B., 2015 - *Integrated Pest Management in Cultural Heritage*. London: Archetype Publications Ltd.
- PINNIGER D.B., P. WINSOR P., 2004. - *A Guide for Museums, Libraries and Archives*. London: Museum Libraries
- QUERNER P., 2015 - *Insect Pests and Integrated Pest Management in Museums, Libraries and Historic Buildings*. – Insects, 6: 595-607.
- QUERNER P., OBERTHALER E., STROLZ M., 2019 - *Biological pest control of a biscuit beetle (Stegobium paniceum) infestation in an old masters paintings storage area*. – Stud. Conserv., 64: 373-380.
- QUERNER P., SZUCSICH N., LANDSBERGER B., ERLACHER S., TREBICKI L., GRABOWSKI M., BRIMBLECOMBE P., 2022 - *Identification and spread of the ghost silverfish (Ctenolepisma calvum) among museums and homes in Europe*. - Insects, 13: 855.
- REGUZZI M.C., BERTONAZZI M.C., COMINELLI F., MAZZONI E., NICOLI ALDINI R., 2024 - *L'importanza del monitoraggio entomologico nella conservazione preventiva e programmata di beni culturali*. Atti del 39° convegno Scienza e Beni Culturali La conservazione preventiva e programmata. Venti anni dopo il Codice dei Beni Culturali. Bressanone (BZ), 2 - 5 luglio 2024
- ROMEO S., ZENI O., 2022 - *Microwave heating for the conservation of cultural heritage assets: A review of main approaches and challenges*. - IEEE J. Electromagn. RF Microw. Med. Biol., 7: 110-121.
- SCHÖLLER M., PROZELL S., SUMA P., RUSSO A., 2018 - *Biological Control of Stored-Product Insects*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, Athanassiou C. G. & Arthur F. H. Ed., Springer Berlin, pp. 183-209.
- STRANG T.J.K., 1992 - *A review of published temperatures for the control of pest insects in museums*. - Collect. Forum 1992, 8: 41–67.
- TREMATERRA, P., PINNIGER D., 2018 - *Museum Pests-Cultural Heritage Pests*. In: Recent Advances in Stored Product Protection, Athanassiou C. G. & Arthur F. H. Ed., Springer Berlin, pp. 229-260.
- VALENTIN N., PREUSSER F., 1990 - *Insect Control by Inert Gases in Museums, Archives and Libraries*. – Restaurator, 11: 22–33.

GLI ARTROPODI IN CITTÀ: IMPORTANZA MEDICO-VETERINARIA E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ URBANA

LUCIANO TOMA^a - ANNA MARIA FAUSTO^b

^a Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 – 00161 Roma

^b Università degli studi della Tuscia, Via Santa Maria in Gradi, 4 – 01100 Viterbo

Corresponding Author: Luciano Toma; luciano.toma@iss.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.

Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024

Arthropods in the city: medical-veterinary importance and protection of urban biodiversity

Cities today constitute a mosaic of variously interconnected microenvironments that can be considered part of an urban ecosystem. The different environmental situations, from the most anthropized ones to those characterized by a higher degree of naturalness such as urban parks, support plant and animal communities, more or less simplified compared to natural ones, according to the conditioning determined by human activities. In this context also there are arthropods of medical and veterinary interest, mainly mosquitoes and ticks, but also other pests such as flies, cockroaches and wasps. Such animals could explode in density causing infestations to be faced and the manner to answer to these problems involve many different levels of decisions. The management of ecological problems in an urban environment will certainly be an important challenge to be faced in the immediate future.

KEY WORDS: *Urban Environment, Pest Management, Mosquito-Borne Viruses*

INTRODUZIONE

In seguito al processo di inurbamento della popolazione mondiale, già nel 2020 circa 4 miliardi di persone risultano vivere nelle aree urbane contro 3 miliardi che occupano le aree rurali (COLLINS *et al.*, 2024). Le città costituiscono oggi un mosaico di microambienti variamente interconnessi che possono essere considerati tasselli di un ecosistema urbano più ampio. Le diverse situazioni ambientali da quelle più antropizzate, come le aree verdi limitate dai palazzi di un viale a quelle caratterizzate da un più alto grado di naturalità come i parchi urbani, sostengono comunità vegetali ed animali più o meno semplificate rispetto a quelle naturali, secondo i condizionamenti determinati dalle attività umane (FATTORINI, 2019). In tale contesto si inseriscono anche gli insetti e gli artropodi in generale, sia quelli che insistono su comunità vegetali sia quelli che vivono a spese di comunità animali. Tra questi ultimi vi sono gli artropodi di interesse medico e veterinario, zanzare, flebotomi e zecche prevalentemente, ma anche altri infestanti come mosche, blatte e imenotteri aculeati. Si tratta di specie che ricercano cibo e condizioni ambientali in diretta competizione con le attività umane e ciò determina un conflitto che quando sfocia in una loro esplosione numerica viene definito “infestazione”.

ZANZARE

Le zanzare sono Ditteri Nematoceri con una lunghezza compresa tra 4 e 10 mm. In Italia sono state segnalate 65 specie, appartenenti a 2 sottofamiglie (Anophelinae e

Culicinae) e 7 generi. I generi che comprendono specie ritenute di importanza sanitaria per gli esseri umani e per gli animali sono essenzialmente tre: *Anopheles*, *Aedes* e *Culex*. Sono entità cosmopolite, presenti sia in ambiente rurale che in aree densamente popolate. Alcune specie occupano una posizione di primaria importanza in entomologia medica essendo vettori di diversi agenti patogeni, sia per gli esseri umani che per gli animali.

In Italia dal 2008 ad oggi, le infestazioni da zanzare sono spesso accompagnate dalla circolazione di alcuni virus (arbovirus) che hanno determinato epidemie di malattie quali la febbre da West Nile virus, trasmessa dalla comune zanzara *Culex pipiens*, il chikungunya e la dengue delle quali è vettore la zanzara tigre *Aedes albopictus*. *Cx. pipiens*, la zanzara comune, è costituita da un complesso di specie all’interno del quale si distinguono una forma ornitofila, *Cx. pipiens pipiens*, adattata al contesto rurale e una antropofila, *Cx. pipiens molestus*, adattata agli ambienti chiusi sia naturali, come le grotte, che artificiali come locali chiusi, scantinati, abitazioni, ecc. *Ae. albopictus*, originaria del Sud-Est asiatico, arrivata in Italia nel 1990, è ormai diffusa abbondantemente in tutto il paese; la sua diffusione è stata agevolata dal commercio di pneumatici usati come siti di ovideposizione, ma è in grado di sfruttare ogni piccola raccolta d’acqua (quali sottovasi, secchi, grondaie, tombini ecc.). Punge con aggressività l’uomo, anche in pieno giorno, provocando pomfi pruriginosi (ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, 2022).

Il controllo numerico delle zanzare è una pratica importante per la gestione ordinaria delle situazioni di fastidio arrecato alla popolazione, ma diventa decisivo in caso di circolazione virale. Per il controllo delle zan-

zare sono disponibili principi attivi usati contro le larve (larvicidi) e principi attivi mirati ad uccidere gli insetti adulti (adulticidi). Tra i larvicidi più utilizzati ci sono gli inibitori della crescita (Insect Growth Regulator, IGR) e gli inibitori della sintesi della chitina (Chitine Synthesis Inhibitor) che impediscono il corretto sviluppo dell'insetto; sono poi disponibili larvicidi biologici a base di tossine prodotte dai batteri *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* e *Bacillus sphaericus* che hanno un basso impatto ambientale e sono innocui per i vertebrati. Riguardo agli adulticidi, vengono utilizzati come principi attivi piretrine naturali e piretroidi, molecole sintetiche basate sulla struttura delle piretrine naturali e sinergizzate in modo da avere un effetto più duraturo nel tempo. I piretroidi colpiscono il sistema nervoso dell'insetto ed esplicano un'azione abbattente per contatto; hanno un alto effetto insetticida residuale, risultano altamente tossici per i vertebrati acquatici. Pertanto, sebbene i prodotti insetticidi attualmente in uso siano già testati per avere un impatto ambientale accettabile in base alla normativa europea vigente (Regolamento UE sui Biocidi n. 528/2012, BPR), il loro impiego andrebbe comunque vagliato di volta in volta, limitandolo alle situazioni di alte densità dell'infezioso (o in caso di rischio di trasmissione di patogeni) e seguendo scrupolosamente le indicazioni per la loro applicazione (MINISTERO DELLA SALUTE, 2019).

FLEBOTOMI

L'importanza sanitaria dei flebotomi è legata alla trasmissione di parassiti del genere *Leishmania* e di virus appartenenti al genere *Phlebovirus*, causa di zoonosi (malattie trasmesse tra uomo e animale) endemiche. Per quanto riguarda i virus, sono anche endemici: i virus Sicilia e Napoli che possono risultare asintomatici o causare una sindrome parainfluenzale, e il virus Toscana che può manifestare un decorso asintomatico, ma presenta un elevato neurotropismo e può indurre malattie neuro-invasive nell'uomo, quali meningiti o meningo-encefaliti estive. Attualmente non esistono altre misure di profilassi per le leishmaniosi e le malattie neuro-invasive, oltre all'interruzione del contatto insetto-uomo (entomoprofilassi) attraverso l'uso di repellenti topici e di zanzariere alle finestre. Nel caso delle Leishmaniosi, la protezione del cane con collari o repellenti ad uso topico rappresenta una misura profilattica efficace e altamente consigliata (ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, 2012).

ZECCHIE

Nei mesi primaverili ed estivi nelle città è possibile essere punti da zecche con conseguente rischio di contrarre infezioni. Gli Ixodidi, o zecche dure, sono artropodi di interesse prevalentemente veterinario. Tuttavia, le zecche sono in grado di trasmettere all'uomo gli agenti patogeni responsabili di alcune patologie, quali la malattia di Lyme causata da batteri del genere *Borrelia* e il virus dell'Encefalite da zecca o TBE (Tick-borne Encephalitis), le febbri bottonose da rickettsiae, la febbre Q, e

anche la febbre emorragica Crimea-Congo, associata in particolare a specie del genere *Hyalomma*. *Rhipicephalus sanguineus*, la zecca del cane, è responsabile della trasmissione di numerosi agenti patogeni per l'uomo e per il cane; nei riguardi dell'uomo è sempre più frequentemente coinvolta nella epidemiologia delle rickettsiosi metropolitane. *Ixodes ricinus*, particolarmente resistente alle avversità e al digiuno, può essere introdotta nelle abitazioni dell'uomo da cani e gatti che vivono all'aperto e che non sono trattati con repellenti e prodotti acaricidi; questa zecca è in grado di trasmettere la borreliosi di Lyme e l'encefalite virale. Gli Argasidi, o zecche molli, sono vettori di patologie meno rilevanti dal punto di vista epidemiologico come la febbre Q. Originariamente parassita del piccione selvatico e in seguito anche di quello domestico, è diventata specie ben adattata agli ambienti urbanizzati. L'aumento della densità di popolazioni del piccione domestico ha favorito come conseguenza l'aumento di *Argas reflexus*. Contro le zecche non esistono particolari approcci di controllo su ampi spazi aperti in città; quello che è possibile fare è la profilassi sugli animali da affezione e la gestione ambientale soprattutto delle aree verdi in contesti altamente antropizzati (MINISTERO DELLA SALUTE, 2019).

CONTROLLO DELLE MALATTIE TRASMESSE DA VETTORI E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ

Naturalmente le città offrono opportunità di sostentamento anche a insetti la cui attività è positiva, quali gli impollinatori come imenotteri, lepidotteri e ditteri floricoli che mantengono attive le comunità vegetali, tanto quelle presenti lungo i bordi delle strade quanto quelle dei parchi urbani e delle fasce più esterne dei quartieri periferici. In tale scenario, assume particolare importanza la pianificazione e lo studio del controllo degli artropodi vettori di patogeni o che infestano le derrate alimentari. Si impone la necessità di un approccio al controllo degli infestanti inteso come gestione dell'ambiente volta ad evitare la proliferazione di tali organismi, che ne includa anche, ma solo in casi di reale necessità, il contenimento mediante uso di insetticidi. Sebbene sia operativo un Piano Nazionale di Sorveglianza delle malattie trasmesse da vettori (MINISTERO DELLA SALUTE, 2019) che rende oggi efficace il rilevamento della circolazione di patogeni trasmessi da artropodi, resta cruciale la possibilità di intervento sulla densità dei vettori a causa di molti fattori tra i quali: la difficoltà di incidere sul ripristino ambientale, la disponibilità di pochi principi attivi insetticidi utilizzabili (soprattutto contro le zanzare), la scarsa conoscenza dei fenomeni di resistenza, l'impossibilità di standardizzare a livello nazionale la formazione e la competenza di chi deve operare tecnicamente nel controllo degli infestanti.

La gestione dell'ambiente volta a curare e mantenere gli ambiti che sostengono le comunità vegetali e animali in città sono il primo passo per ridurre anche il rischio di proliferazione di artropodi di interesse sanitario in modo sostenibile. Questo non è un obiettivo semplice da raggiungere ma se si decide di procedere in tale dire-

zione occorre finanziare le attività di ricerca sui metodi di controllo alternativi, investire sull'informazione del pubblico, sulla formazione e sulla responsabilizzazione delle professionalità. Ciò diventa possibile soltanto attraverso una stretta collaborazione tra i vari Enti, supportata dall'impiego di risorse economiche pubbliche.

BIBLIOGRAFIA

- COLLINS C.T., AUDUSSEAU H., HASSALL C., KEYGHOBADI N., SINU P.A., SAUNDERS M.E., 2024 - *Insect ecology and conservation in urban areas: An overview of knowledge and needs*. - Insect. Conserv. Diver., 17(2): 169–181. <https://doi.org/10.1111/icad.12733>
- FATTORINI S., 2019 - *Ecologia Urbana*. Futura Editrice, 304 pp.
- MINISTERO DELLA SALUTE, 2019 - *Piano Nazionale di prevenzione, sorveglianza e risposta alle Arbovirosi*. (PNA) 2020-2025, 145 pp.
<https://www.salute.gov.it/portale/malattieInfettive/dettaglioSchedeMalattieInfettive.jsp?lingua=italiano&id=215&area=Malattie%20infettive&menu=indiceAZ&tab=1>
- ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, 2012 - *Artropodi di interesse sanitario*. A cura di Roberto Romi, Cristina Khoury, Riccardo Bianchi e Francesco Severini. Rapporti ISTISAN 12/41. 172 pp.
- ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, 2022 - *Zanzare in Italia: raccolta, identificazione e conservazione delle specie più comuni*. A cura di: Francesco Severini, Luciano Toma, Marco Di Luca, Rapporti ISTISAN 22/3. 111 pp.

GLI INSETTI DEL VERDE URBANO E LORO GESTIONE

COSTANZA JUCKER^a - ANDREA BATTISTI^b

^a Dipartimento di Scienze per gli Alimenti la Nutrizione e l'Ambiente (DeFENS) – Università degli Studi di Milano, Via Celoria 2, 20133 Milano

^b Dipartimento di Agronomia Alimenti Risorse naturali Animali e Ambiente (DAFNAE) - Entomologia – Università di Padova, Agripolis 35020 Legnaro (PD)

Autore corrispondente: costanza.jucker@unimi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.
Seduta pubblica dell'Accademia, Firenze 15 novembre 2024

Urban tree pests and their management

The insects associated with urban trees and urban forests are generally the same species that can be found in natural and cultivated forests. The urban conditions, however, differ greatly from those found in natural habitats for both the trees and the insects associated with them. A number of limitations to the colonization of the trees by the insects originating from natural habitats are present in cities, namely structural barriers such as buildings and roads. Once established, however, insects can benefit from higher temperatures and lack of competition with other species occurring in natural habitats. These are the reason why some tree feeding insects are more likely to become pests in cities than in natural forests and often require specific management measures. In addition, human trade is responsible for the accidental introduction of exotic species, which are more likely to get established first in urban habitats. The paper illustrates the general condition of insects associated with trees in Italian cities and report a few cases of insect pests that are currently managed.

KEY WORDS: ornamental trees, exotic insects, damage, monitoring, pest control

INTRODUZIONE

IL RUOLO DELLE PIANTE IN CITTÀ

Le funzioni che le piante svolgono in città sono svariate e note da secoli. Oltre a contribuire al mantenimento della biodiversità, si ricordano l'ombreggiamento, il miglioramento della qualità dell'aria (tramite una maggiore ossigenazione e il trattenimento delle polveri), il contenimento dei rumori, e non meno importante la funzione estetica di ornamento lungo i viali e nei parchi cittadini; tutte funzioni che contribuiscono al miglioramento della qualità della vita dei cittadini. Quando si considera il verde urbano, le problematiche di gestione possono essere molto differenti a causa delle molteplici situazioni in cui si trovano a crescere le piante: ville storiche, parchi cittadini, lungo i viali, o come vero e proprio ornamento per gli edifici.

Le condizioni in cui le piante si trovano a vegetare in città sono caratterizzate da costipazione del terreno, ridotta disponibilità idrica e di spazio, danni meccanici a radici e fusti; diverse invece le condizioni delle piante nelle aree extraurbane, dove si trovano quasi in un contesto di foresta naturale.

È altresì noto che l'ambiente urbano possiede un microclima particolare, solitamente caratterizzato da un maggior inquinamento dell'aria e da temperatura e umidità più elevate: le famose isole di calore (FRANK e BACKE, 2023). Tale situazione è dovuta al fenomeno dell'urbanizzazione, con superfici pavimentate e materiali da co-

struzione che assorbono e diffondono il calore, calore antropico causato dalle automobili e dai condizionatori d'aria, presenza di edifici che limitano il flusso d'aria e bassa densità di vegetazione in grado di fornire ombra e raffreddamento traspirante.

Non si possono trascurare altri due fenomeni che influenzano la presenza e l'incidenza di attacchi da parte di fitofagi in città compromettendo la salute delle piante: i cambiamenti climatici, e in particolare l'aumento delle temperature, e l'arrivo sempre più frequente di specie esotiche (BRANCO *et al.*, 2019). L'aumento di temperatura, in particolare nelle zone temperate, può influenzare la distribuzione geografica delle specie, consente una maggior sopravvivenza degli individui durante l'inverno, porta a un aumento del numero delle generazioni, e in alcuni casi causa una mancata sincronizzazione dei fitofagi con i nemici naturali, che già nelle aree urbane risultano essere spesso limitati (SKENDŽIĆ, 2021; SUBEDI *et al.*, 2023).

L'introduzione di specie esotiche che possono dare luogo a consistenti pullulazioni nel nuovo ambiente ponendo anche nuove problematiche nella gestione del verde, è un fenomeno che si osserva sempre più frequentemente, soprattutto nelle aree urbane. BRANCO *et al.* (2019) hanno osservato come la più alta concentrazione di nuove segnalazioni sia localizzata nelle aree costiere del Mediterraneo, vicino alle grandi città in Italia e in Francia meridionale. Inoltre, oltre l'80% delle prime segnalazioni di introduzione in Europa è avvenuto in grandi città o nelle loro aree suburbane; allontanandosi nei primi 10 km fuori città il numero di rile-

vamenti è diminuito drasticamente. Questo fenomeno è dovuto alla vicinanza di porti e aeroporti, al grande movimento di merci e persone, ma anche alla diversità di generi e specie arboree, in grado di fornire ai parassiti non autoctoni maggiori possibilità di trovare una specie ospite adatta.

Tutti questi fenomeni comportano per le piante in ambiente urbano una maggior esposizione al rischio di attacchi da parte di avversità biotiche, ed una minor tolleranza da parte delle piante stesse rese più suscettibili dalle difficili condizioni in cui si trovano a vegetare.

DANNI PROVOCATI DA INSETTI IN AMBIENTE URBANO

Le specie dannose o moleste in ambiente urbano nel nostro Paese ammontano a circa una quarantina e appartengono prevalentemente all'ordine dei Rincoti, seguiti da Coleotteri e Lepidotteri. Altre specie, di minore importanza, le ritroviamo tra gli Imenotteri e i Ditteri. Per oltre il 64%, si tratta di specie esotiche segnalate più o meno recentemente, tra cui si annoverano anche alcuni fitofagi da quarantena. Questo è il caso, per esempio, della cocciniglia tartaruga (*Toumeyella parvicornis* (Cockerell)) che attacca il genere *Pinus*, di due avversità delle palme (*Paysandisia archon* (Burmeister) e *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) o dei cerambicidi xilofagi *Anoplophora chinensis* (Forster) e *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky).

I danni provocati da insetti alle piante presenti in ambiente urbano possono essere ascrivibili alle seguenti categorie:

- i) Insetti che causano danni di tipo estetico. Sono rappresentati soprattutto da specie appartenenti ai Rincoti e ai Lepidotteri. I primi, noti sottrattori di linfa, causano ingiallimenti fogliari, seguiti da disseccamenti e caduta precoce delle foglie; spesso si osserva anche la produzione di cera o melata. Oltre a diverse specie di tingidi e cocciniglie, autoctone o di recente introduzione, si ricordano *Acizzia* spp., *Glycaspis brimblecombei* Moore e *Metcalfa pruinosa* (Say).

L'infestazione da parte di Lepidotteri può portare ad importanti defogliazioni, come per esempio con *Euproctis chrysorrhoea* L. Nel caso dei fillominatori *Phyllocnistis citrella* Stainton e *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić si osserva anche un ingiallimento delle foglie che precede la loro caduta. Raramente queste specie sono in grado di causare il deperimento della pianta.

- ii) Insetti che portano a morte la pianta. Si tratta soprattutto di Coleotteri xilofagi, la cui attività trofica all'interno delle gallerie larvali nel tronco o nelle radici può compromettere la vitalità delle piante. Inoltre piante che presentano forti attacchi da xilofagi possono diventare un pericolo di ordine pubblico per la loro possibile caduta in caso di forte vento o altre avversità atmosferiche. Tra le specie di maggior importanza si ricordano le già citate *A. chinensis* e *A. glabripennis*.

- iii) Insetti che recano fastidio e molestie all'uomo. A

questa categoria appartengono alcune specie in grado di pungere saltuariamente l'uomo, come alcune tingidi, insetti produttori di melata che imbratta quanto si trova al di sotto delle piante attaccate (*M. pruinosa*, *T. parvicornis*), o insetti che entrano nelle abitazioni in determinati periodi dell'anno come *Arocatus melanocephalus* F., *Haliomorpha halys* Stål o *Leptoglossus occidentalis* Heidemann.

- iv) Insetti di importanza sanitaria. Le larve di alcune specie di Lepidotteri sono in grado di liberare peli urticanti che provocano irritazioni a persone e animali, anche con importanti reazioni. Si ricordano in particolare le due specie *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (la processionaria del pino) e *T. processionea* (Linnaeus) (la processionaria della quercia).

GESTIONE IN AMBIENTE URBANO: PREVENZIONE, MONITORAGGIO E CONTROLLO

La gestione delle specie dannose in ambito urbano richiede particolari attenzioni sia per le peculiari condizioni in cui le piante crescono, che le rendono particolarmente suscettibili agli attacchi da parte delle avversità biotiche, sia per gli spazi spesso limitati in cui si deve talvolta intervenire. Risulta di notevole importanza una corretta progettazione del verde nelle fasi iniziali di impianto, con una stretta collaborazione tra chi progetta il verde e chi conosce le problematiche fitosanitarie che possono interessare le diverse specie vegetali da porre a dimora. Rilevanti sono la corretta scelta delle specie vegetali, privilegiando piante più resistenti ad attacchi di insetti o altri patogeni o ai periodi di siccità, che si adattino meglio al clima locale, al suolo, alla vicinanza ad altri edifici o all'ombreggiamento e che non richiedano cure di manutenzione particolarmente onerose; è altresì necessario valutare la possibilità di eseguire agevolmente eventuali trattamenti di lotta. Oltre alla fase di progettazione e di impianto, è di fondamentale importanza anche la programmazione degli interventi di manutenzione ordinaria e contestualmente il monitoraggio dello stato fitosanitario delle piante, operazioni utili a pianificare eventuali interventi straordinari.

Al fine di intervenire tempestivamente nel caso di infestazioni, oltre al monitoraggio visivo diretto della presenza di insetti o dei sintomi sulle piante, in ambiente urbano possono trovare impiego le classiche trappole a feromoni e le innovative trappole di cattura automatica per il monitoraggio a distanza, già utilizzate in campo agricolo e in fase di messa a punto nel contesto urbano e forestale (PRETI *et al.*, 2021).

Va sottolineato come negli ultimi anni abbia assunto sempre più importanza e diffusione l'applicazione della citizen science per il monitoraggio di specie dannose, che prevede il coinvolgimento attivo da parte dei cittadini (COLOMBARI e BATTISTI, 2023). La citizen science consente infatti di raccogliere segnalazioni da una vasta rete di osservatori su scala territoriale anche molto ampia e durante tutto il corso dell'anno, aumentando la probabili-

tà di rilevare tempestivamente nuove infestazioni o aree di diffusione. Risulta quindi uno strumento molto utile e a basso costo per il monitoraggio degli insetti dannosi, che permette di migliorare la risposta alle emergenze fitosanitarie e nello stesso tempo sensibilizza i cittadini sui rischi legati alla diffusione di specie infestanti. Assume poi una particolare importanza nel caso di specie di nuova introduzione o da quarantena. In Italia alcuni esempi hanno riguardato i cerambicidi *Anoplophora chinensis*, *A. glabripennis* e *Psacotha hilaris hilaris* (Pascoe) (LUPI *et al.*, 2022) o il lepidottero *Paysandisia archon* (MORI *et al.*, 2023). Diverse campagne di citizen science avviate nel corso degli anni hanno infatti permesso di aggiornare l'areale di distribuzione di queste specie, individuando di volta in volta nuove aree di diffusione (DE GROOT *et al.*, 2023).

Per quanto riguarda il controllo, in ambito urbano più che mai è importante adottare strategie di lotta integrata a causa del contesto particolarmente articolato, caratterizzato da difficoltà operative e continua presenza dell'uomo, e dalla limitazione dei mezzi chimici a disposizione.

Le tecniche di controllo dovranno per esempio prevedere interventi di tipo meccanico, come la raccolta dei nidi per la processionaria, o il taglio di alcune branche particolarmente infestate per quanto riguarda le cocciniglie, o la raccolta di foglie cadute a terra nel caso di specie che svernano nel terreno come *Cameraia ohridella*.

Anche la lotta biologica assume un importante valore in città poiché gli insetticidi a nostra disposizione sono molto limitati e persistono le difficoltà ad eseguire i trattamenti. Alcuni accorgimenti possono consistere nel mantenere o creare siepi e aiuole che garantiscano rifugio e alimento per gli antagonisti. Anche l'immissione di insetti utili appositamente allevati può essere efficace, oltre all'utilizzo di insetticidi biologici, come *Bacillus thuringiensis*. Diversi infine sono i casi di limitatori naturali, più o meno specifici, che sono stati individuati in associazione a specie dannose, soprattutto esotiche, a volte introdotte insieme all'ospite stesso. Recenti esempi sono l'imenottero *Sclerodermus brevicornis* (Kieffer) (Bethyridae) trovato in associazione a *P. hilaris hilaris* (LUPI *et al.*, 2017), l'imenottero *Psyllaephagus bliteus* Rieck (Encyrtidae) probabilmente introdotto insieme al suo stesso ospite *Glycaspis brimblecombei* Moore (nota come psilla dell'eucalipto) (CALECA *et al.*, 2011), o del coccinellide *Thalassa montezumae* Mulsant, predatore di *T. parvicornis*, individuato alle isole Turks e Caicos e oggi studiato come potenziale limitatore della cocciniglia (GIOVANNINI *et al.*, 2024).

Infine, per quanto riguarda i trattamenti con prodotti chimici, oggi normati dalla direttiva 128/2009 sull'Uso Sostenibile dei prodotti fitosanitari, poi recepita con il decreto 150/2012 e infine con i PAN (Piani di azione nazionale), oltre ai trattamenti alla chioma (di difficile applicazione in ambito urbano), trovano oggi diffusione i trattamenti endoterapici tramite iniezioni al fusto. Seppur vantaggiosi sotto il punto di vista della sicurezza ambientale e per l'operatore, pongono alcune

problematiche nella loro applicazione legate alla professionalità del personale addetto alla loro esecuzione, ma soprattutto per le difficoltà di cicatrizzazione da parte delle piante trattate.

BIBLIOGRAFIA

- BRANCO M., NUNES P., ROQUES A., FERNANDES M.R., ORAZIO C., JACTEL H., 2019 - *Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects*. - *NeoBiota*, 52: 25–46.
- CALECA V., LO VERDE G., MALTESE M., 2011 - *First record in Italy of Psyllaephagus bliteus Rieck (Hymenoptera Encyrtidae) parasitoid of Glycaspis brimblecombei Moore (Hemiptera Psyllidae)*. - *Il Naturalista siciliano*, 35: 435–444.
- COLOMBARI F., BATTISTI A., 2023 - *Citizen science at school increases awareness of biological invasions and contributes to the detection of exotic ambrosia beetles*. In: Jactel H, Orazio C, Robinet C, Douma JC, Santini A, Battisti A, Branco M, Seehausen L, Kenis M (Eds) *Conceptual and technical innovations to better manage invasions of alien pests and pathogens in forests*. - *NeoBiota*, 84: 211–229.
- COSTAZ T. P., DE JONG P. W., VAN LOON J. J., DICKE M., 2023 - *It is about time: effects of thermal fluctuations resulting from climate change on trophic interactions with a focus on host–parasitoid interactions*. - *Evolutionary Ecology*, 37: 601–625.
- DE GROOT M., POCKOCK M. J., BONTE J., FERNANDEZ-CONRADI P., VALDÉS-CORRECHER E., 2023 - *Citizen science and monitoring forest pests: a beneficial alliance?* - *Current Forestry reports*, 9: 15–32.
- FRANK S. D., BACKE K. M., 2023 - *Effects of urban heat islands on temperate forest trees and arthropods*. - *Current Forestry Reports*, 9: 48–57.
- 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*, 107: 51–61.
- LUPI D., MALABUSINI S., DE MILATO S., HEINZL A. L., RUZZIER E., BANI L., SAVOLDELLI S., JUCKER C., 2023 - *Exploring the range expansion of the yellow-spotted longhorn beetle Psacotha hilaris hilaris in northern Italy*. - *Agricultural and Forest Entomology*, 25: 511–521.
- LUPI D., FAVARO R., JUCKER C., AZEVEDO C.O., HARDY I.C.W., FACCOLI M., 2017 - *Reproductive biology of Sclerodermus brevicornis, a European parasitoid developing on three species of invasive longhorn beetles*. - *Biological Control*, 105: 40–48.
- MORI E., RUSTICI P., DAPPORTO L., PASQUALI L., PETRUCCI F., MAZZA G., 2023 - *Invasions by the palm border moth Paysandisia archon in Italy and assessment of its trophic spectrum*. - *Biological Invasions*, 25: 1373–1386.
- PRETI M., VERHEGGEN F., ANGELI S., 2021 - *Insect pest*

monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations. - J. Pest. Sci., 94: 203–217.

SKENDŽIĆ S., ZOVKO M., ŽIVKOVIĆ I. P., LEŠIĆ V., LEMIĆ D., 2021 - *The impact of climate change on agricultural insect pests.* - Insects, 12: 440.

SUBEDI B., POUDEL A., ARYAL S., 2023 - *The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security.* - Journal of Agriculture and Food Research, 14: 100733.

MAMMIFERI IN CITTÀ: ECOLOGIA, IMPATTO E GESTIONE

DARIO CAPIZZI

Regione Lazio - Direzione Ambiente, Cambiamenti climatici e Sostenibilità, Transizione Energetica, Parchi – via di Campo Romano 65 – 00173 Roma

dcapizzi@regione.lazio.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Mammals in the city: ecology, impact, and management

Several mammal species live in urban ecosystems, but only a few of them can have negative impacts. Among these are three species of synanthropic rodents: the house mouse, the black rat, and the sewer rat. The negative aspects associated with their presence mainly consist of the transmission of zoonoses and the impact on industrial and commercial activities, as well as the discomfort caused to residents. Management activities should include a reduction in the carrying capacity of the habitat as well as the environmental impact of rodenticides. In recent years, wild boar has also become an important issue. Wild boar management activities should take into account various aspects, including opposition from animal rights activists.

LE SPECIE PRESENTI

Negli ecosistemi urbani vivono diverse specie di Mammiferi, appartenenti soprattutto agli ordini di Insettivori, Erinaceomorfi, Chiroterteri, Roditori, Carnivori, Artiodattili. Tuttavia, solo alcune di esse possono presentare implicazioni negative per la popolazione residente. Tra queste vi sono sicuramente alcune specie di Roditori, cosiddette sinantropiche, dato che tendono spesso a vivere in stretta adiacenza delle abitazioni umane.

La prima specie a diffondersi negli insediamenti umani è stata il Topo domestico (*Mus musculus*). Si tratta di una specie di origine asiatica, le cui prime segnalazioni di presenza nel Mediterraneo risalgono all’Antico Egitto, circa 2000 anni AC. La specie era ben nota agli antichi Greci e al tempo dei Romani. Si tratta di una specie con grande capacità di penetrazione all’interno degli insediamenti umani, che non presenta il comportamento tipico dei ratti, ovvero la neofobia. Al contrario, questa specie denota una spiccata curiosità per gli oggetti nuovi (Rowe, 1973). È segnalata la presenza del fenomeno della resistenza agli anticoagulanti.

Il Ratto nero (*Rattus rattus*) è anch’essa una specie di origine asiatica, ma la sua presenza nel bacino del Mediterraneo risale a pochi anni prima di Cristo, periodo in cui i suoi fossili sono stati rinvenuti in diversi insediamenti romani. Si tratta di un eccellente arrampicatore, che denota anche una spiccata neofobia, manifestando talvolta il fenomeno della resistenza agli anticoagulanti (Goulois *et al.*, 2016).

L’ultima specie tra i Roditori sinantropici ad essere giunta in Europa e, successivamente, in gran parte del mondo occidentale è il Ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*) (Fig. 1), che ha colonizzato gran parte dell’Europa ed è giunto nelle Americhe nel corso del XVIII secolo. La specie è originaria delle aree steppiche dell’Asia centrale; rispetto al Ratto nero presenta una minore abilità nell’arrampicarsi. In compenso, è un ottimo nuotato-

re e scavatore. Anch’esso denota una spiccata neofobia e sono spesso state segnalate popolazioni resistenti agli anticoagulanti (Desvars-Larrive *et al.*, 2017).

Queste tre specie sono ormai diffuse in tutto il mondo e sono definite quindi cosmopolite.

PROBLEMI ASSOCIATI CON LA PRESENZA DEI RODITORI

I problemi connessi con la presenza dei roditori negli ambienti umani sono innanzitutto legati alla salute pubblica: ratti e topi sono infatti vettori o serbatoi di numerose zoonosi, anche di notevole rilievo. Come noto, il Ratto nero è stato il principale serbatoio del batterio *Yersinia pestis*, agente eziologico della peste, la zoonosi che nel corso della storia ha mietuto più vittime, ma che è ancora oggi diffusa in alcune aree di Asia, Africa ed America meridionale (Meerburg *et al.*, 2009). Il batterio, presente all’interno della popolazione di ratti, viene acquisito dagli insetti tramite i pasti di sangue che compiono sul ratto, ed è trasmesso all’uomo dalla puntura della pulce del ratto stesso. Le attuali ricerche sulle zoonosi trasmesse dai Roditori stanno identificando patogeni significativi precedentemente non riconosciuti (Meerburg *et al.*, 2009; Battersby, 2015).



Fig. 1 - esemplari di Ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*) in una raccolta d’acqua di un’area urbana.

Qualora presenti all'interno degli edifici queste specie sono in grado di arrecare danni strutturali, con particolare riguardo alle erosioni dei cavi o dei materiali in essi presenti. I danni arrecati da questa azione erosiva possono essere anche molto importanti, provocando talvolta anche interruzioni dell'energia elettrica e malfunzionamento nei macchinari aziendali.

Non va inoltre trascurato il disagio che spesso si manifesta nelle persone costrette a vivere in ambienti dove la presenza di questi animali è particolarmente evidente. Tutti questi aspetti fanno sì che l'entità delle somme spese da enti pubblici, attività commerciali e privati cittadini per ottenere il controllo delle popolazioni di Roditori sinantropici sia complessivamente molto elevata.

I Roditori sinantropici sono presenti anche negli ambienti naturali, dove possono causare importanti impatti alla biodiversità, soprattutto nelle isole: essendo predatori di numerose specie animali e vegetali, per mitigarne gli impatti sono spesso messe in atto azioni di eradicazione per ripristinare il funzionamento degli ecosistemi autoctoni (CAPIZZI *et al.*, 2024).

PROBLEMI CONNESSI CON LA GESTIONE DEI RODITORI IN CITTÀ

Le attività di gestione negli ambienti urbani sono spesso improntate a una generale superficialità, puntando a risolvere il problema della presenza dei Roditori stessi senza affrontare le sue cause.

I Roditori, infatti, sono considerati il problema e non il sintomo di condizioni ambientali in grado di sostenere le popolazioni. Si aggiunga a ciò che i metodi per controllare le popolazioni di Roditori sono sostanzialmente rimasti immutati nel corso della storia (CAPIZZI *et al.*, 2014). Nonostante una innegabile evoluzione dei materiali, le tecniche sono rimaste essenzialmente le stesse, puntando sull'eliminazione fisica dei Roditori tramite veleni e trappole. I rodenticidi oggi utilizzabili appartengono quasi tutti al gruppo degli anticoagulanti (BUCKLE & EASON, 2015), principi attivi ad azione cronica che inibiscono la sintesi della vitamina K a livello epatico, provocando la morte dei Roditori tramite emorragie. Tuttavia, tali principi attivi presentano un'elevata persistenza, comportando così il rischio di intossicazione secondaria per i predatori: l'uso continuo e massiccio di rodenticidi per affrontare il problema della presenza dei Roditori negli ambienti umani ha portato alla penetrazione dei principi attivi più utilizzati nella catena alimentare. Sono stati più volte documentati casi di intossicazioni di predatori o, comunque, di elevate presenze di residui di anticoagulanti all'interno del fegato degli stessi. Recentemente, in Italia si è riscontrato un elevato tasso di contaminazione a carico dei lupi (MUSTO *et al.*, 2024).

Per quanto riguarda le trappole, tra i modelli più utilizzati vi sono certamente le tavolette collanti, che tuttavia presentano elevati livelli di sofferenza per i Roditori catturati (DE RUYVER *et al.*, 2023), venendo considerate ormai come un mezzo di controllo non più accettabile dal punto di vista etico in numerosi paesi del mondo.

La tecnologia, tuttavia, sta conoscendo un'evoluzione anche in questo settore: sono spesso impiegate le fototrappole, importanti strumenti di monitoraggio che consentono di ottenere informazioni sulle specie presenti, sulle aree da esse frequentate e sui comportamenti che mettono in atto per eludere i dispositivi di controllo (DAVIS *et al.*, 2023; LAMBERT *et al.*, 2018). Le stesse trappole presentano spesso sensori in grado di trasmettere il segnale di avvenuta cattura da remoto, permettendo di intervenire e liberare immediatamente la trappola.

RIDURRE LA CAPACITÀ PORTANTE È FONDAMENTALE

Il primo passo per affrontare adeguatamente il problema della presenza di Roditori negli ecosistemi urbani è quello di valutare la presenza nell'ambiente delle risorse da essi utilizzabili (AWONYI *et al.*, 2022). I Roditori sinantropici, infatti, sono specie le cui popolazioni dipendono largamente dalla presenza di adeguati livelli di risorse trofiche e di opportunità di rifugio. Numerose sono le risorse trofiche da essi sfruttate: trattandosi di animali estremamente opportunisti, qualunque residuo dell'alimentazione umana può essere efficacemente utilizzato dai Roditori sinantropici come nutrimento. Inoltre, sono importanti per le popolazioni di Roditori presenti nelle aree urbane le opportunità di rifugio che sono fornite loro dall'accumulo di materiali, dalla presenza di vegetazione incolta e da terreno di riporto nel quale scavare le tane. Riducendo le risorse a loro disposizione si otterrà automaticamente una riduzione nella popolazione presente. A questi interventi possono naturalmente essere associati interventi di controllo basati sull'utilizzo di trappole o rodenticidi, ma comunque limitati nello spazio e nel tempo alle situazioni in cui la presenza di Roditori non può essere gestita in altro modo.



Fig. 2 - cinghiali in area urbana.

NUOVE SPECIE IN CITTÀ: IL PROBLEMA DEI CINGHIALI

Negli ultimi anni un nuovo problema si presenta in numerose città italiane ed europee, vale a dire la presenza dei cinghiali nelle aree urbane (CASTILLO-CONTRERAS *et al.*, 2021; MARIN *et al.*, 2024). Si tratta di una specie che ha conosciuto un incremento demografico notevole negli ultimi decenni, che ha portato le popolazioni ad espandersi territorialmente colonizzando anche ambienti dove tradizionalmente esse erano state sempre assenti (Fig. 2). La loro presenza nelle aree urbane è ormai stabile in molte città italiane, costringendo ad impegnativi interventi per limitarne le conseguenze negative. Si tratta infatti di una specie che crea elevati disagi ai residenti, i quali spesso temono per la propria incolumità o quella dei cani che portano a passeggio. I cinghiali nelle aree urbane tendono a nutrirsi dei rifiuti che riescono a trovare, sia nelle aree dove la raccolta avviene porta a porta, sia in quelle dove si usano dei contenitori generali, e i rifiuti si accumulano anche al di fuori di essi. Essi si possono rendere responsabili di gravi pro-

sedazione degli animali con dardi provvisti di narcotico separati da appositi fucili ad aria compressa o cerbottane.

Per una gestione efficace dei cinghiali in ambiente urbano, è essenziale disporre di applicativi GIS capaci di visualizzare i dati relativi alla presenza della specie su una mappa (Fig. 3). La mappa può essere consultata, selezionando di volta in volta le variabili di interesse. Gli applicativi GIS consentono di individuare le aree su cui concentrare le azioni di gestione e di verificare il miglioramento delle condizioni.

BIBLIOGRAFIA

- DALLAI R., 1975 - *Fine structure of the spermatheca of Apis mellifera*. - J. Insect Physiol., 21: 89-109
- AWONIYI A. M., VENEGAS-VARGAS C., SOUZA F. N., ZEPPELINI C. G., HACKER K. P., CARVALHO-PEREIRA T., ... & KHALIL H., 2022 - *Population dynamics of synanthropic rodents after a chemical and infrastructural intervention in an urban low-income community*. - Scientific Reports, 12: 10109.
- BUCKLE A. P., & EASON C. T., 2015 - *Control methods: chemical*. In: BUCKLE A.P., SMITH R.H. (Eds.): *Rodent pests and their control*. - CAB International, Wallingford, pp 123-154.
- CAPIZZI D., BERTOLINO S., & MORTELLITI A., 2014 - *Rating the rat: global patterns and research priorities in impacts and management of rodent pests*. - Mammal Review, 44: 148-162.
- CAPIZZI D., SPOSIMO P., SOZIO G., FRATINI S., ZANET S., BIONDO C., ... & PETRASSI F., 2024 - *For birds and humans: challenges and benefits of rat eradication from an inhabited island (Ventotene, central Italy)*. - Pest Management Science, 80: 5510-5518.
- CASTILLO-CONTRERAS R., MENTABERRE G., AGUILAR X. F., CONEJERO C., COLOM-CADENA A., RAEZ-BRAVO A., ... & LÓPEZ-OLVERA J. R., 2021 - *Wild boar in the city: Phenotypic responses to urbanisation*. - Science of the Total Environment, 773: 145593.
- DAVIS R. A., SEDDON P. J., CRAIG M. D., & RUSSELL J. C., 2023 - *A review of methods for detecting rats at low densities, with implications for surveillance*. - Biological Invasions, 25: 3773-3791.
- DE RUYVER C., BAERT K., CARTUYVELS E., BEERNAERT L. A., TUYTTENS F. A., LEIRS H., & MOONS C. P., 2023 - *Assessing animal welfare impact of fourteen control and dispatch methods for house mouse (Mus musculus), Norway rat (Rattus norvegicus) and black rat (Rattus rattus)*. - Animal welfare, 32: e2.
- DESVARIS-LARRIVE A., PASCAL M., GASQUI P., COSSON J. F., BENOIT E., LATTARD V., ... & VOURC'H G., 2017 - *Population genetics, community of parasites, and*

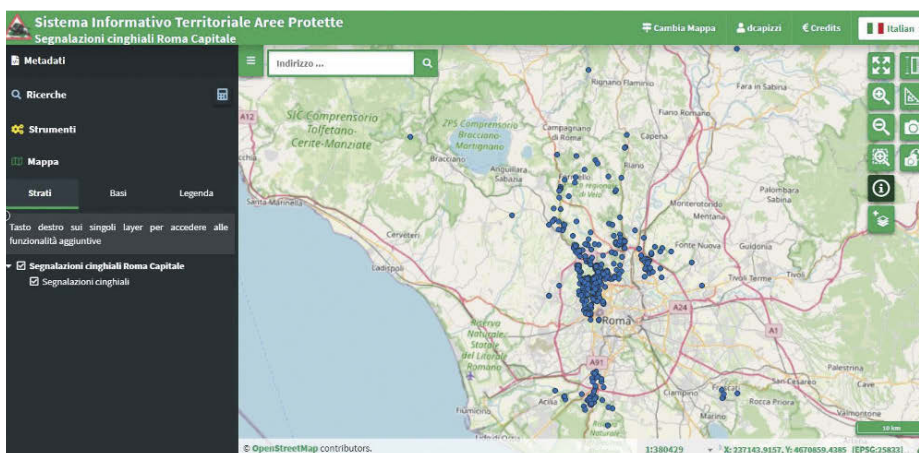


Fig. 3 - applicativo per il monitoraggio della presenza dei cinghiali in area urbana utilizzato dalla Regione Lazio.

blemi alla circolazione stradale, causando incidenti con conseguenze anche gravi per gli automobilisti o i motociclisti coinvolti. Inoltre, negli ultimi anni si è assistito alla diffusione di una grave malattia, la peste suina africana (PSA), presente in diversi paesi europei, e giunta in Italia nel 2022. La malattia causa un'elevata mortalità nei suini selvatici e, in caso di diffusione negli allevamenti suinicoli, anche in quelli domestici, arrecando gravissimi danni all'industria del comparto della lavorazione delle carni suine.

La gestione della specie è naturalmente molto complessa, dato che gli interventi di controllo nei confronti dei cinghiali, oltre ad essere molto onerosi in termini economici e di manodopera, incontrano spesso l'opposizione di movimenti animalisti. Sulla base della normativa vigente in Italia, una volta catturati i cinghiali non possono essere liberati. Per le catture nelle aree urbane è possibile utilizzare trappole di vario genere (TORRES-BLAS *et al.*, 2020), tra le quali i chiusini, cioè trappole di metallo, oppure ricorrere alla telenarcosi, una tecnica che prevede la

- resistance to rodenticides in an urban brown rat (Rattus norvegicus) population.* - PloS one, 12: e0184015.
- GOULOIS J., CHAPUZET A., LAMBERT V., CHATRON N., TCHERTANOV L., LEGROS L., ... & LATTARD V., 2016 - *Evidence of a target resistance to antivitamin K rodenticides in the roof rat Rattus rattus: identification and characterisation of a novel Y25F mutation in the Vkorc1 gene.* - Pest Management Science, 72: 544-550.
- LAMBERT M., BELLAMY F., BUDGEY R., CALLABY R., COATS J., & TALLING J., 2018 - *Validating activity indices from camera traps for commensal rodents and other wildlife in and around farm buildings.* - Pest management science, 74: 70-77.
- MARIN C., COUDERCHET L., LE CAMPION G., & WERNO J., 2024 - *Wildlife and the city. Modelling wild boar use of urban nature: Empirical contribution, methodological proposal: Bordeaux (France) as an example.* - Urban Ecosystems, 27: 1291–1312.
- MEERBURG B. G., SINGLETON G. R., & KIJLSTRA A., 2009 - *Rodent-borne diseases and their risks for public health.* - Critical reviews in microbiology, 35: 221-270.
- MUSTO C., CERRI J., CAPIZZI D., FONTANA M. C., RUBINI S., MERIALDI G., ... & GARBARINO C., 2024 - *First evidence of widespread positivity to anticoagulant rodenticides in grey wolves (Canis lupus).* - Science of the Total Environment, 915: 169990.
- ROWE F. P., 1973 - *Aspects of mouse behaviour related to control.* - Mammal Review, 3: 58-63.
- TORRES-BLAS I., MENTABERRE G., CASTILLO-CONTRERAS R., FERNÁNDEZ-AGUILAR X., CONEJERO C., VALLDEPERES M., ... & LÓPEZ-OLVERA J. R., 2020 - *Assessing methods to live-capture wild boars (Sus scrofa) in urban and peri-urban environments.* - Veterinary Record, 187: e85-e85.

SPECIE PROBLEMATICHE? OPPORTUNISTE? LA GESTIONE DEGLI UCCELLI IN CITTÀ, PER MIGLIORARE IL RAPPORTO DI CONVIVENZA

MARCO DINETTI

Lipu - marco.dinetti@lipu.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.
Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Pest species? Opportunists? Management of urban birds, to improve the coexistence

Problematic (pest) birds are the species whose populations have increased due to their ability to exploit man-made resources, namely food and breeding sites. They represent a little part of urban avifauna (2.8% of the species observed in Italian cities).

The main problematic species are: Feral Pigeon *Columba livia* forma domestica, Starling *Sturnus vulgaris*, Yellow-legged Gull *Larus michahellis*, Magpie *Pica pica*, Hooded Crow *Corvus corone cornix*. The principal problems impacting on human activities regard agriculture and raising of livestock, damage to monuments and buildings, birdstrikes, threats to urban health.

The coexistence between humans and other animals is possible, and requires an Integrated Pest Management (IPM) with coordination between various actions, as well as participation and collaboration among public administrations, citizens and operators. The main goal is the reduction of the environmental carrying capacity (food and breeding sites).

At the base of the strategy there is food limitation (food offered by citizens, and that spread unintentionally in the environment at waste disposal sites, agricultural fields, silos, etc.). Moreover, it is necessary the management of breeding sites, through installation of exclusion systems such as nets, harmless spikes, monofilament lines. Other possible actions are the increase of predators (nest-boxes) and the management of doves.

We do not recommend direct and cruel techniques, as well contraceptive, because population levels recover quickly.

KEY WORDS: urban avifauna, pest species, urban ecosystem, Feral Pigeon, Yellow-legged Gull

INTRODUZIONE: IL VALORE DELLE PAROLE

Tra i vertebrati che possono causare interferenze agli esseri umani, vi sono alcune specie di uccelli. Di solito vengono chiamate “specie ornitiche problematiche” sebbene da qualche tempo si stia discutendo per trovare una definizione più opportuna (infatti può risultare poco chiaro se il problema è a carico della specie, oppure se è questa a causarlo). Come possibile alternativa ci può essere “specie opportuniste”. Preferiamo invece evitare il termine “infestante” perché riteniamo che abbia una connotazione dispregiativa verso quelli che sono comunque degli esseri viventi.

ARCHITETTURE E FAUNA

Dopo questa breve premessa sul significato delle parole, possiamo evidenziare che il tema delle specie ornitiche “problematiche” si inserisce in un più ampio contesto di “architetture e fauna”, riguardante anche il potenziamento delle caratteristiche di costruzioni e manufatti allo scopo di attirare specie faunistiche “utili e gradite” (edifici come habitat), ma anche le misure di mitigazione da assumere affinché le infrastrutture non risultino pericolose per gli animali: si tratta delle “trappole involontarie” come le vetrate dei palazzi e i pannelli fonoisolanti

trasparenti o riflettenti (contro cui vanno a sbattere gli uccelli), le canalizzazioni e le vasche che intrappolano piccoli mammiferi e anfibi, il traffico stradale, e altre situazioni analoghe.

LE SPECIE PROBLEMATICHE SONO UNA PICCOLA PERCENTUALE DELLA FAUNA URBANA

Tornando al tema centrale di questa breve trattazione, è importante verificare che le specie problematiche/opportuniste riguardano una percentuale minima di quelle che sono ospitate dalle città. Considerando che nelle aree urbane italiane sono state osservate più di 350 specie ornitiche (alcune sono presenti stabilmente e vi nidificano, mentre altre sono migratrici oppure ospiti occasionali), quelle che pongono abitualmente delle interferenze agli interessi antropici sono meno di 10, rappresentando quindi meno del 2,8% del totale. Ciò significa che gran parte degli uccelli (in città e altrove) non ha interazioni negative con *Homo sapiens*, anzi molti sono utili e forniscono una gamma di servizi/benefici ecosistemici: basti pensare alle specie che hanno una alimentazione insettivora e ai predatori che tengono sotto controllo le popolazioni di ratti e topi. Questo assume un rilievo preminente soprattutto quando è coinvolta la comunicazione con il vasto pubblico, ma la questione riveste un’importanza anche

sotto il profilo tecnico. Pertanto, quando si parla di fauna e animali in città, bisogna stare attenti a non generalizzare, inducendo erroneamente l'interlocutore a ritenere che la maggior parte di essi siano presenze sgradevoli, nocive o pericolose.

Allo stesso modo, non si devono inserire tra le specie problematiche quelle che - pur causando dei modesti inconvenienti per il rilascio di guano (che possono essere risolti installando delle mensole sotto ai nidi) - hanno abitudini migratrici, dieta insettivora che include mosche e zanzare, e una dinamica di popolazione in diminuzione. Tra esse vi sono i rondoni (3 specie nidificanti in Italia) e le rondini (5 specie).

PERCHÉ ALCUNE SPECIE SONO PROBLEMATICHE?

Attualmente, parecchie specie di uccelli sono in difficoltà e stanno diminuendo, a causa di una serie di impatti antropici che vanno dal consumo di suolo (espansione delle città, con cementificazione e trasformazione degli



Fig. 1 - Piccione di città.

habitat) all'inquinamento, dalla mortalità per collisione con manufatti alla rimozione e gestione spesso impropria degli alberi e della vegetazione nelle aree verdi e lungo i corsi d'acqua.

Al contrario, vi è quella piccola percentuale di specie che finora riesce a tenere testa alla sempre maggiore presenza di Homo sapiens sul pianeta Terra, adattandosi al punto di sfruttare con abilità le trasformazioni in atto (*urban exploiters*). Assistiamo quindi a un aumento sia spaziale che demografico delle specie più capaci di utilizzare ciò che l'uomo mette a disposizione nell'ambiente, spesso involontariamente, ma alcune volte intenzionalmente. Queste risorse si configurano soprattutto come disponibilità trofica, ma anche di ambiti utili per la sosta e la nidificazione.

DIAMO UN NOME ALLE SPECIE ORNITICHE PROBLEMATICHE

Le principali specie con cui ci confrontiamo sono le seguenti, che presentano un panorama diversificato per storia e biologia, ambienti frequentati, ripartizione delle problematiche nel corso dell'anno, dinamica di utilizzo

del territorio. Solitamente la dieta di questi uccelli è onnivora oppure prevalentemente vegetariana:

1. Piccione di città *Columba livia* forma domestica (o colombo): sedentario, con popolazioni originate da fughe o rilasci di individui domestici (il cui allevamento è iniziato in epoche storiche), che a loro volta discendono dal Piccione selvatico *Columba livia*.
2. Storno *Sturnus vulgaris*: specie parzialmente migratrice, divenuta maggiormente sedentaria negli ultimi decenni in Italia, mentre attualmente le popolazioni del nord Europa sono in diminuzione.
3. Gabbiano reale *Larus michahellis*: specie prevalentemente sedentaria, sebbene molto mobile sul territorio. Di origine marina, dove tuttora vive e nidifica la maggior parte della popolazione. Negli ultimi decenni una parte degli individui ha selezionato i tetti dei palazzi cittadini come habitat di riproduzione.
4. Alcune specie della famiglia dei corvidi, in particolare Cornacchia grigia *Corvus corone cornix* e Gazza *Pica pica*: legate agli ambienti agricoli e ai margini



Fig. 2 - Gabbiano reale.

dei boschi, negli ultimi decenni si sono inurbate con successo. Le abitudini sono sedentarie.

Un altro contesto riguarda alcune specie di picchi, in particolare Picchio verde *Picus viridis* e Picchio rosso maggiore *Dendrocopos major* che in talune situazioni producono buchi in infissi e pali di legno, e pure nei cappotti di isolamento termico degli edifici. In questo caso occorre ricordare che si tratta di specie particolarmente protette, ai sensi della legge nazionale 157/92.

Vi è infine la situazione di alcune specie aliene, quali i parrocchetti (Parrocchetto dal collare *Psittacula krameri*, Parrocchetto monaco *Myiopsitta monachus*, ecc.), le cui popolazioni nelle città europee si sono originate a seguito di fughe o rilasci di individui in natura. In questo caso i problemi riguardano soprattutto il prelievo di frutta e raccolti dalle coltivazioni agricole, e gli impatti di ordine igienico-sanitario.

QUALI SONO LE PROBLEMATICHE CHE VENGO NO CAUSATE

I contesti ove queste specie producono degli inconvenienti sono variegati: nelle aree esterne alle città si pos-

sono verificare danni e prelievi alle coltivazioni agricole e interazioni negative con la zootecnia (tra cui l'imbrattamento dei mangimi), mentre nelle aree urbane si hanno problemi per edifici e manufatti (sia monumentali che di civile abitazione) a causa del degrado e del guano che si accumula. Un altro ambito riguarda gli aspetti igienico-sanitari, sebbene occorre rilevare che spesso il tema sanitario viene enfatizzato dai media senza che vi sia un corrispondente riscontro scientifico ed epidemiologico.

Infine vi è il rischio di collisione tra velivoli e uccelli, che si verifica soprattutto presso gli aeroporti (*birdstrike*). Questa problematica, che assume una forte rilevanza per i danni e le vittime che si possono produrre in caso di sinistro, è attenzionata e disciplinata rigidamente dalla normativa vigente e da ENAC ed è all'origine di una ricca sperimentazione e applicazione di metodologie gestionali.

LA STRATEGIA DI GESTIONE

Innanzitutto è bene avere chiaro che, se si desidera contenere in maniera efficace e a lungo termine una problematica causata da una specie faunistica, l'obiettivo principale deve essere la riduzione della capacità portante dell'ambiente, costituita in primo luogo dalle risorse trofiche e dai siti di nidificazione. Pertanto occorre orientarsi su interventi indiretti, piuttosto che su azioni dirette verso le specie target.

L'altro elemento basilare da assumere è la definizione di una strategia integrata di gestione (IPM) che è composta da una pluralità di azioni, spesso di natura altamente diversificata. Per implementare la strategia è inoltre necessaria la partecipazione, sinergia, confronto e collaborazione tra pubblica amministrazione, cittadini, operatori, ricercatori, figure professionali quali progettisti, architetti e costruttori, associazioni ambientaliste e animaliste.

PIANIFICAZIONE DELLA STRATEGIA

Oltre alle caratteristiche e alla biologia della specie target, ci sono alcuni step che devono essere considerati: 1) siamo di fronte a un contesto limitato (spesso privato, quale può essere un singolo edificio, un'azienda agricola, un capannone industriale) oppure l'azione deve insistere su un'area vasta quale può essere un territorio comunale o provinciale?

Inoltre, 2) stiamo parlando di un contesto in fase di progettazione (per il quale devono essere assunte misure preventive), oppure di una realtà già esistente?

Infine, 3) prima di definire la strategia è necessario procedere con un'azione conoscitiva, attraverso una indagine ambientale completa del censimento della specie target, possibilmente inserito in uno studio complessivo e di lungo termine (monitoraggio) della comunità ornitica. In tal senso, la metodologia più approfondita è quella dell'atlante ornitologico urbano, su cui si è svolto un workshop nazionale a Cremona, nei giorni 29-30 novembre 2024:

<https://musei.comune.cremona.it/it/mostre-ed-eventi/workshop-sugli-atlanti-ornitologici-urbani>

Mettendo a fuoco questi elementi primari si potranno tratteggiare le possibilità e le azioni pratiche di volta in volta più efficaci, tecnicamente applicabili e legalmente consentite.

LE AZIONI CHE POSSONO COMPORRE LA STRATEGIA

Per quanto riguarda le strutture in fase di progettazione, occorre rilevare che permane una scarsa consapevolezza sul tema delle specie problematiche da parte di progettisti e direttori dei lavori. A causa di ciò vengono create - di solito inconsapevolmente - delle situazioni utili per la sosta e la nidificazione di piccioni, gabbiani reali, storni, in edifici e manufatti di vario tipo (ponti, tralicci, lampioni, ecc.).

Occorre pertanto uno sforzo maggiore per veicolare agli addetti ai lavori le conoscenze adeguate, onde evitare che vengano realizzati questi errori progettuali, che richiederanno successivamente dei correttivi. Per contribuire a tale percorso, la Lipu è impegnata da diversi anni



Fig. 3 - Piccioni di città.

nell'organizzazione di eventi di formazione e aggiornamento tecnico (corsi, seminari). Al tempo stesso, le amministrazioni comunali possono inserire nei regolamenti edilizi degli articoli pertinenti (alcuni esempi si sono già concretizzati), promuovendo pure delle iniziative di informazione per progettisti, tecnici e operatori, imprese edili, amministratori di condominio.

Per quanto invece riguarda edifici e altre strutture già esistenti (contesti limitati e/o privati) solitamente si interviene con l'installazione di sistemi preventivi di difesa passiva:

1. dissuasori di appoggio (meccanici e incruenti)
2. reti antintrusione
3. restringimento selettivo delle cavità

In ogni caso occorre scegliere con cura la tipologia del dissuasore più adatto per ciascun ambito architettonico, che dovrà essere installato a regola d'arte e in maniera selettiva (e successivamente ben mantenuto), controllando preventivamente che non ci siano nidificazioni in corso (la riproduzione degli uccelli è tutelata dalla legge nazionale 157/92, e si concentra tra marzo e luglio-agosto).

L'altro capitolo fondamentale riguarda la riduzione delle risorse alimentari. In ambito agricolo possono essere predisposte delle protezioni sulle coltivazioni (reti, trame di fili), impiegando anche i deterrenti di vario tipo (ottici, acustici, integrati) pur tenendo presente il limite applicativo riguardante l'assuefazione che in tempi più o meno rapidi può emergere da parte degli uccelli. Nella sfera urbana le amministrazioni comunali possono emanare delle ordinanze moderne (regolamentazione delle forniture) che devono essere integrate con l'allestimento di mangiatoie dedicate e una costante operazione di sensibilizzazione dei cittadini (invitando quelli con attitudine zoofila a offrire poco cibo, e di migliore qualità).



Fig. 4 - Gabbiano reale.

Altre azioni che possono comporre la strategia gestionale riguardano l'incremento dei predatori (indirettamente, tramite l'installazione di idonei nidi artificiali per rapaci diurni e notturni), la gestione ambientale, il miglioramento del conferimento e smaltimento dei ri-

fiuti, l'organizzazione di colombe gestite.

Vi è invece un parere negativo rispetto all'utilizzo della falconeria come deterrente (costosa, poco efficace, sostituibile con tecnologie moderne), all'impiego di antifecondativi (effetti di breve durata, operazioni complesse e onerose, rischio di coinvolgimento di specie non-target quali commensali e predatori), e pure riguardo alle azioni dirette (catture e spostamento, abbattimenti) in quanto insistono sugli effetti e non sulle cause, e sono quindi destinate ad avere una efficacia scarsa o nulla, considerando il potenziale riproduttivo e la mobilità delle specie con cui ci confrontiamo.

MIGLIORARE LA CONVIVENZA, PER ECOSISTEMI URBANI PIÙ EQUILIBRATI

In definitiva, occorre riportare il tema delle specie problematiche nel quadro più complessivo degli ecosistemi urbani. La valorizzazione della biodiversità urbana assume aspetti molteplici, sia di tipo culturale che pratico. Conoscere meglio l'ambiente che ci circonda e assumere consapevolezza sulle tante forme di vita che accompagnano il nostro cammino sul pianeta Terra, è importante per migliorare il rapporto reciproco di convivenza. Così come, allo stesso tempo, è fondamentale acquisire le informazioni tecniche sulle azioni più opportune per gestire le problematiche che talvolta si possono verificare, rispetto alla presenza di alcune specie faunistiche.

Appare quindi determinante il coordinamento delle azioni tra soggetti pubblici e privati, scambiando e integrando le esperienze tra ambiti territoriali diversi, anche allo scopo di non ripetere all'infinito i medesimi errori.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- DINETTI M. (red.), 2016 - *Il Piccione di città* Columba livia forma domestica. Strategie per la gestione. Documenti per la conservazione della natura. Lipu, Parma.
<https://www.lipu.it/cosa-facciamo/conserviamo-natura/ecologia-urbana/specie-problematiche>
- DINETTI M., GALLO-ORSI U., 1998 - *Colombi e storni in città: manuale pratico di gestione*. Il Verde Editoriale, Milano.

CONSIDERAZIONI NELLA LOTTA AGLI INFESTANTI IN AMBITO URBANO

GIUSEPPE SPINA

EKOMMERCE Srl – IPM Solutions - Via Venezia 18 – 66041 ATESSA (CH)

giuseppe.spina@ekommerce.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “Contributi per la realizzazione di un indice in entomologia urbana”.

Seduta pubblica dell’Accademia, Firenze 15 novembre 2024.

Considerations in pest control in urban areas

Urbanization is rapidly increasing, with city populations expected to rise from 55% to 68% by 2050, mainly in Asia and Africa. Despite covering less than 2% of the Earth’s surface, cities generate 80% of global GDP and over 70% of carbon emissions. In Europe, 74% of people live in urban areas, mostly in decentralized medium-sized cities. The rapid expansion of urban environments fosters ecological niches for various species, including insects, rodents, and birds. In response to Pest Management challenges, the EU has introduced strict biocide regulations, such as Directive 98/8/EC and Regulation 528/2012, aiming to harmonize the market, improve safety, and reduce animal testing. However, this has led to increased registration costs, market withdrawal of many active substances, and reduced product availability.

This document provides a highly concise overview of the variety and complexity of the Urban Pest Management supply chain, highlighting the strengths and critical issues of each segment.

The Pest Management industry is evolving, balancing regulatory constraints, technological innovation, and environmental concerns. Challenges include climate change, globalization-driven species migration, and declining biocide options. Strengthening surveillance, promoting non-chemical solutions, and enhancing professional training are crucial for sustainable urban pest management.

KEY WORDS: Urban Pest; Biocidal regulation; Market evolution; Supply chain

L’urbanizzazione è un fenomeno in costante crescita che sta rimodellando la demografia globale. Attualmente, circa il 55% della popolazione mondiale risiede in aree urbane, una percentuale che si prevede aumenterà al 68% entro il 2050. Questo incremento sarà particolarmente evidente in Asia e Africa, con paesi come India, Cina e Nigeria che contribuiranno significativamente a questa tendenza.

L’espansione urbana presenterà una serie di sfide che andranno gestite secondo un’ottica di sostenibilità. Le città, pur occupando meno del 2% della superficie terrestre, sono responsabili di circa l’80% del Prodotto Interno Lordo (PIL) globale e oltre il 70% delle emissioni di carbonio. In Europa, l’urbanizzazione ha raggiunto livelli significativi, con circa il 74% della popolazione residente in aree urbane, una percentuale superiore alla media globale del 54%. Questo fenomeno si manifesta attraverso una rete di città di medie dimensioni distribuite in modo policentrico, riflettendo la storia frammentata del continente. A differenza di altre regioni del mondo, dove predominano le megalopoli, l’Europa è caratterizzata da una moltitudine di centri urbani più piccoli.

Comprendere le dinamiche dell’urbanizzazione è fondamentale per affrontare le sfide future e promuovere uno sviluppo sostenibile che migliori la qualità della vita nelle aree urbane.

La complessità e la concentrazione di attività economiche, popolazione e infrastrutture in ambito urbano, creeranno delle nicchie ecologiche estremamente favorevoli per alcune specie di organismi viventi. L’abbondanza

di cibo e acqua, le enormi possibilità di annidamento e la protezione da predatori possono garantire enormi potenzialità di sviluppo a molte specie di artropodi, roditori e uccelli commensali dell’uomo.

Negli ultimi anni, in seguito all’integrazione Europea si è cercato di armonizzare le varie legislazioni nazionali in merito ai prodotti ad azione biocida, dapprima con la Direttiva 98/8/CE relativa all’immissione sul mercato dei biocidi e successivamente il Regolamento 528/2012 relativo alla messa a disposizione sul mercato e all’uso dei biocidi. Lo scopo di questo impianto legislativo è quello di migliorare il funzionamento del mercato dei biocidi nell’UE, garantendo allo stesso tempo un elevato livello di tutela per l’uomo e per l’ambiente. Il BPR si pone come obiettivo di armonizzare il mercato a livello dell’Unione, di semplificare l’approvazione dei principi attivi e l’autorizzazione dei biocidi e di introdurre scadenze per le valutazioni, l’elaborazione di pareri e la formulazione di decisioni a livello degli Stati membri. Promuove inoltre la riduzione delle sperimentazioni sugli animali, introducendo obblighi relativi alla condivisione dei dati e incoraggiando l’uso di metodi di sperimentazione alternativi. Tuttavia fra gli effetti del regolamento biocidi si è avuto anche:

- Fuoriuscita dal mercato di numerose sostanze attive (S.A.). Es.: eliminazione di tutti gli esteri fosforici, carbammati, molti piretroidi e neonicotinoidi.
- Molte S.A. non sono state difese per ragioni commerciali.
- Costi per presentazione dossier di difesa S.A. si ag-

già intorno a € 2.000.000, rendendo la registrazione realizzabile da poche aziende multinazionali.

- Trasformazione da PMC a biocidi, con la presenza di molti cloni commerciali sul mercato.
- Riduzione dei formulati disponibili.
- Costi di registrazione elevati (fino a 200.000 euro per formulato).

Il settore del Pest Management è in continua evoluzione. La crescente richiesta di soluzioni efficaci e sicure sta spingendo le aziende a investire in ricerca e sviluppo di nuove tecnologie. Tuttavia i dati di mercato forniti dalle varie associazioni di categoria, vedono ancora fortemente preponderanti soluzioni di controllo chimico. In particolare, il mercato dei biocidi vale in Italia circa 260 milioni nella grande distribuzione organizzata (GDO), circa 100 milioni nella grande distribuzione specializzata (GDS) e 25-30 milioni sul mercato professionale.

Fatto questo brevissimo quadro generale è opportuno valutare la varietà e complessità, seppur in maniera estremamente sintetica, della filiera del Pest Management Urbano, andando a sintetizzare quelli che sono i punti di forza e le criticità di ogni segmento.

1. Istituzioni pubbliche

- a. ECHA, Ministero della Salute e ISS si occupano della regolamentazione e valutazione e registrazione prodotti biocidi e danno indicazioni di indirizzo sul loro impiego.
 - Pro: Grandi competenze (in Italia); Promozione di progetti volti a individuare sistemi alternativi ai biocidi (es. LIFE BIOPEM, NoCheRo work group).
 - Criticità: Differenti sensibilità di valutazione fra gli stati membri; Impatto notevole della burocrazia; Carenza di personale e allungamento dei tempi di registrazione; Risposte tardive a problemi emergenziali.
- b. Università e istituti di ricerca
 - Pro: Grandi competenze; Diversi poli altamente specializzati; Proficue collaborazioni finalizzate alla ricerca fra Università e imprese private.
 - Criticità: Mancanza di un sistema formativo appositamente strutturato per il Pest Management; Attività di ricerca volta prevalentemente ad ambiti poco applicativi; Spesso assenza di trasferimento informazioni fra ricerca e campo applicativo.
- c. ASL territoriali, hanno il compito di redigere e affidare appalti per la gestione degli infestanti, nonché funzione di controllo.
 - Pro: Alcune ASL dotate di personale altamente competente e preparato; Predisposizione di capitolati altamente dettagliati; Sorveglianza attiva specialmente per gli insetti vettori.
 - Criticità: Estrema difformità fra regioni. Ogni capitolato è un mondo a sé; Carenza di personale; Personale spesso non adeguatamente

competente; Controlli praticamente inesistenti

- d. Comuni, si occupano di appaltare i servizi e di effettuare i controlli sulle esecuzioni.
 - Pro: Molti comuni hanno grande sensibilità nel controllo degli infestanti; Alcuni sono inseriti in progetti di ricerca – Es. Progetto LIFE BIOPEM a Fiumicino e Francavilla al Mare. Alcuni municipi destinano parte dei fondi per il monitoraggio e controllo delle attività degli appaltanti.
 - Criticità: Estrema difformità nei capitolati; Carenza di personale; Personale spesso non adeguatamente competente; Funzione di controllo spesso inesistente.

2. Istituzioni private

- a. Associazioni di categoria, con funzione sindacale, di rappresentanza con le istituzioni e formazione.
 - Pro: Forte contributo nella promozione della professionalità degli operatori; Dialogo con le istituzioni; Crescita professionale dei tecnici con l'erogazione di numerosi corsi di formazione.
 - Criticità: Non hanno competenza legale per erogare formazione valida per il riconoscimento professionale.
- b. Produttori e distributori di tecnologie e prodotti, si occupano di fornire al mercato gli strumenti per la gestione degli infestanti; ricerca e sviluppo prodotti; formazione.
 - Pro: Forte impulso nella ricerca di nuovi prodotti da inserire a mercato.
 - Criticità: la ricerca è finalizzata al raggiungimento di obiettivi di vendita, non alla ricerca pura.
- c. Pest Management Operator, meglio noti come disinfestatori, sono gli operatori che erogano servizi professionali di gestione degli infestanti urbani.
 - Pro: Svolgono un ruolo fondamentale nel contenimento degli infestanti; Molte aziende sono ben strutturate e dotate di competenze importanti.
 - Criticità: Non esiste un registro nazionale, né un albo professionale; Sebbene sia un'attività estremamente delicata i requisiti di accesso alla professione sono estremamente facili da avere; Diversi operatori non hanno le conoscenze e competenze necessarie a svolgere l'attività.

CONSIDERAZIONI FINALI

- Il controllo degli infestanti in ambito urbano diventerà sempre più complesso a causa di fattori quali:
- Crescente urbanizzazione, con nuove nicchie ecologiche favorevoli agli infestanti.

- Cambiamenti climatici, che ampliano gli habitat per alcune specie.
- Globalizzazione e traffici internazionali, che favoriscono la diffusione di specie invasive.
- Riduzione delle molecole biocide disponibili, richiedendo più formazione per gli operatori del settore.

L'innovazione tecnologica e la formazione continua dei professionisti del settore saranno elementi chiave per garantire un controllo efficace e rispettoso dell'ambiente. Sarà inoltre fondamentale potenziare la sorveglianza e il monitoraggio per prevenire la diffusione di infestanti e ridurre l'uso di biocidi chimici.

BIBLIOGRAFIA

DIRETTIVA BIOCIDI: DIRETTIVA 98/8/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 febbraio 1998 relativa all'immissione sul mercato dei biocidi.

REGOLAMENTO BIOCIDI (BPR): REGOLAMENTO (UE) N. 528/2012 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 maggio 2012, relativo alla messa a disposizione sul mercato e all'uso dei biocidi.

REGOLAMENTO CLP: REGOLAMENTO (CE) n. 1272/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 sulla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele.

PHD SUMMER SCHOOL “MARCELLO LA GRECA” SU “BIODIVERSITY”

Evento formativo internazionale della Scuola di Alta Formazione “Marcello La Greca” dell’Accademia Nazionale Italiana di Entomologia

La prima edizione della Erasmus + Blended Intensive Programme Summer School “Marcello La Greca” sul tema della “Biodiversity” si è svolta a Catania dal 23 al 27 settembre per la componente in presenza e il 2 e il 9 ottobre per le sessioni online. L’evento formativo è stato organizzato dalla Sezione di Entomologia Applicata del Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente dell’Università di Catania, nell’ambito delle attività della Scuola di Alta Formazione “Marcello La Greca” (<https://www.accademiaentomologia.it/scuola-alta-formazione/>), con il contributo del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dello stesso Ateneo, dell’Ente Fauna Siciliana, del Dipartimento regionale dello sviluppo rurale e territoriale della Regione Siciliana e con il patrocinio dell’Accademia Nazionale Italiana di Entomologia e della Società Entomologica Italiana.

L’evento è stato coordinato dal comitato scientifico composto da colleghi provenienti da numerose Università italiane: Andrea BATTISTI e Lorenzo MARINI (Università di Padova), Maurizio BIONDI (Università dell’Aquila), Marco A. BOLOGNA (Università Roma Tre), Giovanni BURGIO (Università di Bologna), Ignazio FLORIS (Università di Sassari), Donato GRASSO (Università di Parma), Bruno MASSA (Università di Palermo), Matteo MONTAGNA (Università di Napoli), Antonio BIONDI, Carmelo RAPISARDA, Agatino RUSSO, Giorgio SABELLA e

Lucia ZAPPALÀ (Università di Catania).

Alla Summer School hanno partecipato più di 50 dottorandi provenienti da numerosi Atenei ed Enti di ricerca italiani nonché da 5 Atenei stranieri partner dell’Erasmus + BIP (Università di Malta, Malta; Università di Lodz, Polonia; Università Martin-Luther- Halle-Wittenberg, Germania; Università di Greifswald, Germania; Università BOKU di Vienna, Austria).

La Scuola si è articolata in sessioni tematiche su diversi aspetti della biodiversità quali la biogeografia, la valutazione della biodiversità, i modelli predittivi e la biodiversità funzionale, il tutto in uno scenario di cambiamento climatico e in una prospettiva globale. La sessione introduttiva ha visto la partecipazione di Francesco PENNACCHIO, Presidente dell’Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Marco BOLOGNA, Presidente della Società Entomologica Italiana, e della prof.ssa Caterina MEDURI, moglie del prof. LA GRECA. La lettura introduttiva in ricordo della figura di zoologo e biogeografo di Marcello La Greca è stata tenuta da Giorgio SABELLA (Dip. di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Univ. di Catania) e seguita dalla relazione di Paolo FONTANA (Fondazione E. Mach, San Michele all’Adige, TN) su “Orthopteroidea of Marcello LA GRECA and his commitment to nature conservation”. La prima sessione su “Biodiversity and its conservation: the case of Orthopte-



Figg. A e B - La sessione inaugurale della Summer School.



Figg. 1-4 - Momenti delle sessioni in aula della Summer School.

roidea”, organizzata e moderata da Bruno MASSA e Marco BOLOGNA, si è conclusa con la relazione di Louis CASSAR (Università di Malta) su “Distribution and conservation of an endangered cricket: *Brachytrupes megacephalus*”. È seguita la ricca sessione su “Alien species and biodiversity” coordinata da Antonio BIONDI, anche moderatore, e Donato GRASSO, con le relazioni di François VERHEGGEN (Università di Liège, Belgio), Alain ROQUES (INRAE Unità di Zoologia Forestale, Orleans, Francia), Alessandro CINI (Università di Pisa), Hervé JACTEL (INRAE, Biodiversità, geni e comunità, Francia), Jian CHEN (USDA-ARS, Stoneville, MS, USA).

Martedì 25 settembre si sono svolte le sessioni 3 su “Biodiversity and climate change” e 4 “Advances in biogeographic studies”. La prima ha visto le relazioni tenute da Martin SCHEBECK (Università BOKU, Vienna, Austria) su “Climate change and forest insect diversity: an insight into bark beetles”, Philipp LEHMANN, Università di Greifswald, Germania su “Climate change and biodiversity: an insight into Lepidoptera” e Andrea BATTISTI (Università di Padova) anche coordinatore della sessione, su “Climate change and forest insect di-

versity: an insight into processionary moths”. La sessione successiva ha visto le relazioni di Daniele SALVI, (Università dell’Aquila) su “Different levels of molecular biogeographic analyses: from phylogeography to transcontinental distributions” e Alessandra RICCIERI (Università Roma Tre) su “Molecular biogeography of west Mediterranean beetles”. La giornata si è conclusa con una presentazione del Dott. Renzo IENTILE (Ufficio per la gestione delle riserve naturali - Area della terza missione, Università di Catania) sulla Riserva Naturale Orientata (RNO) di Vendicari (SR), illustrando il percorso dell’escursione naturalistica programmata per la giornata successiva. Il 25 settembre si è infatti tenuta la visita alla RNO “Oasi Faunistica di Vendicari”, sapientemente accompagnata dalle guide naturalistiche dell’Ente Fauna Siciliana e dal personale del Dipartimento regionale dello sviluppo rurale e territoriale della Regione Siciliana, che ha ospitato i corsisti per la pausa pranzo e per la visita al Centro di conservazione del germoplasma vegetale di Marianelli, che svolge attività di caratterizzazione e salvaguardia genetica delle specie della fascia mediterranea.

La Sessione 5, tenutasi Giovedì 26 settembre, è stata dedicata al tema dei metodi molecolari per la valutazione della biodiversità, e si è articolata nelle relazioni di Michal GRABOWSKI (Università di Lodz, Polonia) e Matteo MONTAGNA (Università di Napoli) su “DNA barcoding e metabarcoding”, seguite da una sessione pratica a cura Piotr GADAWSKI (Università di Lodz, Polonia) dal titolo “How to plan a successful biodiversity survey using DNA (meta) barcoding”. La successiva Sessione 6 su Modelli predittivi, biodiversità e conservazione è stata affidata a Francesco CERASOLI e Mattia IANNELLA (Università dell’Aquila) che hanno iniziato con due relazioni rispettivamente dal titolo “Ecological Niche Modelling” e “Post-modelling techniques” seguite da una sessione pratica dal titolo “Species Distribution Modelling lab techniques”.

Nella giornata conclusiva sono stati affrontati gli aspetti funzionali della biodiversità con numerose relazioni inframmezzate da sessioni pratiche. La relazione di apertura dal titolo “Functional biodiversity - theoretical and methodological aspects” è stata affidata a Panagiotis THEODOROU (Università Martin Luther, Halle-Wittenberg, Germania), seguita dal contributo di Costanza GEPPERT (Università di Padova) su “Functional traits in relation to ecosystem properties and functions”. Serena MAGAGNOLI (Università di Bologna) ha affrontato il tema del ruolo della biodiversità funzionale nella gestione dell’azienda agraria con un approccio agroecologico. La sua relazione, dal titolo “Agroecological strategies at field and farm level to enhance biological control: how to learn agroecological principles through playing an online serious game (SEGAE)” ha previsto anche un momento in cui gli studenti dovevano misurarsi con uno strumento online di scelte culturali e gestionali di diverse attività produttive. La quantificazione dei servizi ecosistemici (controllo biologico, impollinazione) è stata oggetto della relazione di Arturo COCCO (Università di Sassari). Roberto MANNU ha presentato una relazione dal titolo “Sampling methods for arthropod fauna in agricultural, forestry and natural fields” a cui è seguita una sessione pratica su “Analysis of community data”. Fabio SGOLASTRA (Università di Bologna) ha chiuso la giornata con una presentazione su “Impact of pest

control methods on biodiversity”. La giornata si è conclusa con una visita dell’Orto Botanico dell’Ateneo, guidata dal Direttore Gian Pietro GIUSSO, DEL GALDO del Dipartimento di scienze biologiche, geologiche e ambientali dell’Università di Catania, e agli stand della Notte Europea dei Ricercatori (SHARPER: SHARing Researchers’ Passion for Education and Rights) per celebrare insieme la passione per la ricerca, la formazione e la conoscenza.

Due sessioni online hanno completato il programma formativo. La prima tenuta da Alexander WEIGAND e Axel HOCHKIRCH del Museo Nazionale di Storia Naturale del Lussemburgo rispettivamente con una relazione dal titolo “Validation of alternative species identification techniques for studies on biodiversity” e “Inver-

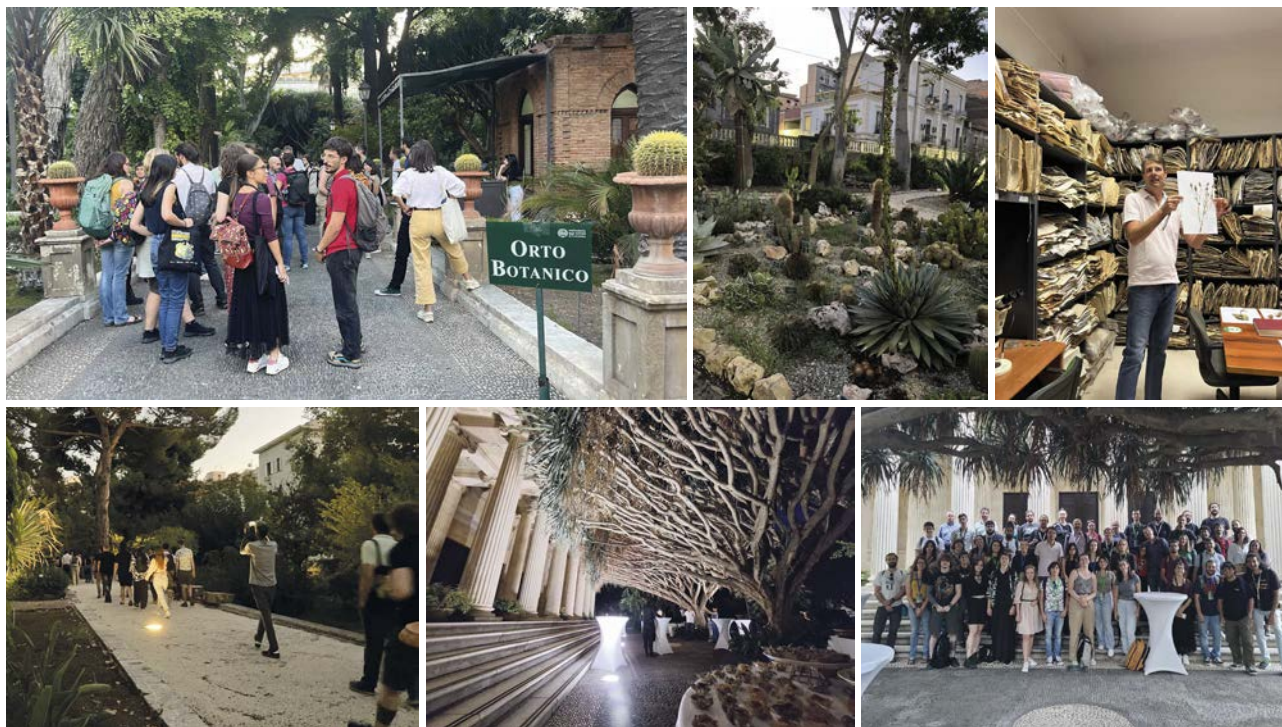


Figg. 5-12 - Escursione naturalistica guidata alla Riserva Naturale Orientata “Oasi Faunistica di Vendicari” (SR).

tebrate conservation and protection of biodiversity”. Nella seconda, e ultima, sessione online è stato ripreso il tema degli effetti indesiderati dei prodotti fitosanitari sulla biodiversità e in particolare Maria Augusta LIMA SIQUEIRA, Gustavo FERREIRA MARTINS e Rodrigo BERNARDES (Università Federale di Viçosa, Brasile) hanno relazionato su “Side effects of agricultural practices on non-target Brazilian bees: wild biodiversity under risk”

e su uno strumento per la valutazione degli effetti comportamentali degli insetti “Ethoflow: a digital tool to assess behavioral modifications”.

In ultimo, un test sui contenuti della Summer School e un questionario di gradimento sono stati somministrati a tutti i partecipanti per avere da una parte contezza delle conoscenze acquisite durante la scuola e dall’altra suggerimenti circa i contenuti e l’organizzazione.



Figg. 13-18 - Visita guidata all’Orto Botanico dell’Università di Catania.



Fig. 19 - I partecipanti alla Summer School.

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.