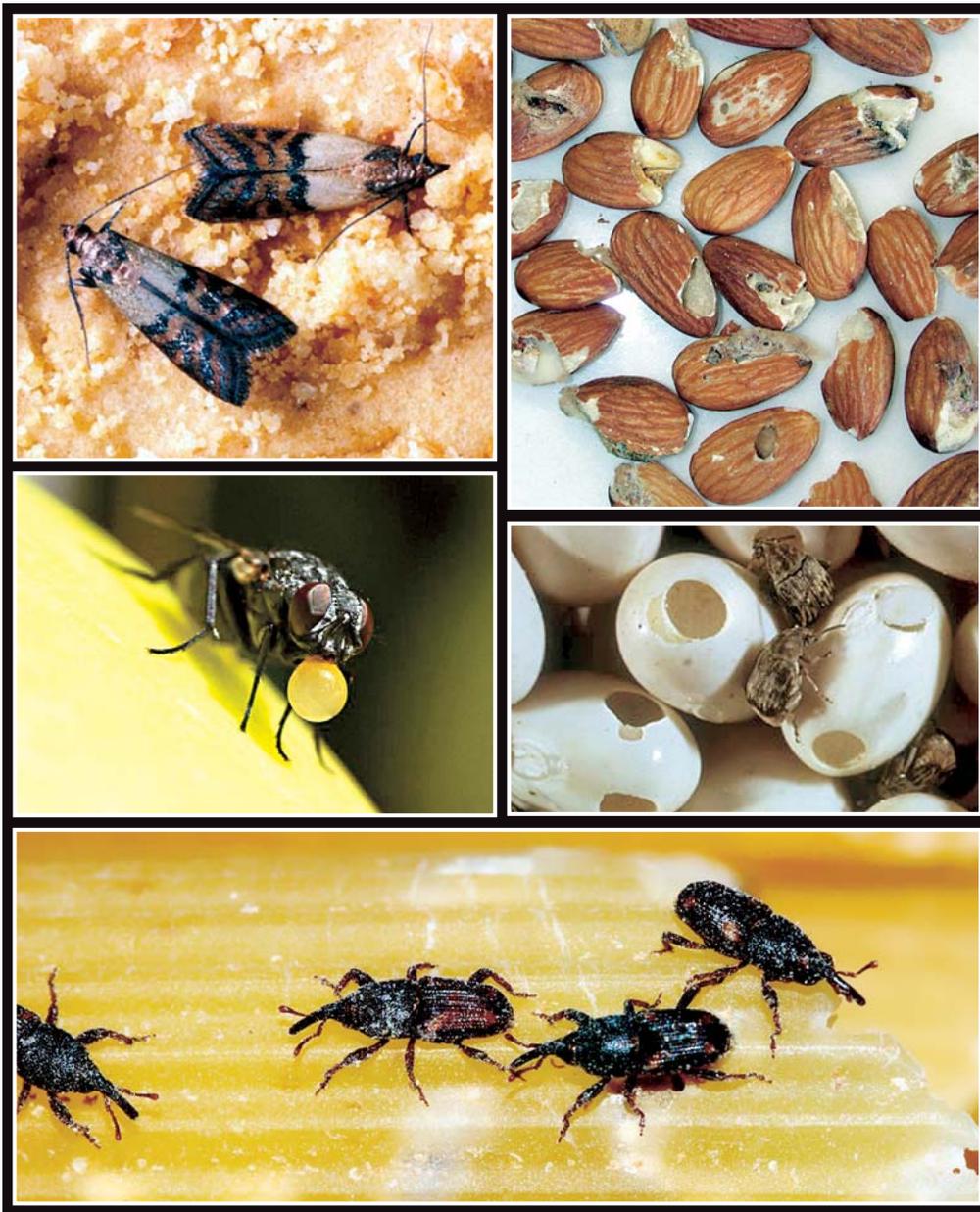




Tavole Rotonde sui maggiori problemi
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia
Sotto gli auspici del MIPAAF

XX.

L'ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA PER LA PREVENZIONE E LA LOTTA CONTRO GLI INFESTANTI DELLE INDUSTRIE ALIMENTARI



Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LIX - 2011



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

XX.

**L'ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA
PER LA PREVENZIONE E LA LOTTA CONTRO
GLI INFESTANTI DELLE INDUSTRIE ALIMENTARI**

Estratto da:
ATTI DELLA
ACCADEMIA NAZIONALE
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA
Rendiconti Anno LIX - 2011

*Le foto di copertina sono state gentilmente fornite
dal Prof. Pasquale Trematerra
dell'Università degli Studi del Molise, Campobasso*

© 2012 Accademia Nazionale Italiana di Entomologia
50125 Firenze - Via Lanciola 12/a

ISBN 978-88-96493-06-9

PRESENTAZIONE

La ricerca entomologica nel campo della prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle derrate alimentari ed i mezzi per il loro controllo, definiscono l'Entomologia merceologica, termine derivato dalle ricerche di Antonio Berlese e forse più da quelle di Giuseppe Salvatore Candura ed in anni più recenti da quelle di Gino Dal Monte e Giorgio Domenichini. L'Entomologia merceologica si è andata progressivamente affermando a seguito della accresciuta esigenza di monitorare e contenere gli infestanti dell'industria conserviera. I mutamenti nell'alimentazione della Società attuale ed il passaggio da una agricoltura con caratteristiche di attività aziendale con produzioni destinate ad un mercato localizzato, a produzioni a carattere industriale da immettere sui mercati internazionali, ha imposto la conservazione degli alimenti prodotti.

L'Entomologia merceologica si pone l'obiettivo di determinare l'origine delle infestazioni negli alimenti confezionati ed il controllo degli infestanti nelle industrie alimentari. In anni più recenti, l'interesse della disciplina si è esteso anche alla modificazioni genetiche ed alle metodiche per la verifica della presenza di transgeni nei vegetali e nei loro derivati alimentari, alle tematiche di monitoraggio degli infestanti tramite feromoni ed al problema della presenza di micotossine negli alimenti.

Questo accresciuto interesse per l'Entomologia merceologica ed urbana a livello mondiale è testimoniato

dai sempre più numerosi convegni e congressi internazionali; è auspicabile che questa tendenza divenga ancora più diffusa per dare risposte adeguate all'accresciuta sensibilità del consumatore, giustamente preoccupato della possibile contaminazione degli alimenti da parte di frammenti animali. In questa ottica risulta anche indispensabile una particolare attenzione alla resistenza degli imballaggi agli attacchi degli insetti, un problema non ancora risolto. Così come sarà importante verificare la potenziale efficacia della lotta biologica con semiochimici, repellenti e parassitoidi, per attenersi scrupolosamente alla direttiva della Comunità Europea, recepita con il D.L. 155/1997. La presenza di artropodi infestanti negli alimenti può costituire non solo un limite per la commerciabilità del prodotto, ma anche causa di danni alla salute umana.

Di questi aspetti gli oratori hanno parlato, con grande competenza, nella giornata che l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia ha voluto dedicare alla Entomologia merceologica. I numerosi interventi che si sono succeduti, al termine delle presentazioni, sono stati la testimonianza del successo della iniziativa e della opportunità della trattazione di un argomento che indubbiamente è all'attenzione di un vasto pubblico.

ROMANO DALLAI

Presidente Accademia Nazionale Italiana di Entomologia

INDICE

L'ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA PER LA PREVENZIONE E LA LOTTA CONTRO GLI INFESTANTI NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

VACLAV STEJSKAL – <i>The role of urban entomology to ensure food safety and security</i>	Pag. 69
PIERO CRAVEDI, LUCIANO SÜSS – <i>Sviluppo delle conoscenze in Italia sugli organismi infestanti in post-raccolta: passato, presente, futuro</i>	» 75
PASQUALE TREMATERRA – <i>Riflessioni sui feromoni degli insetti infestanti le derrate alimentari</i>	» 83
AGATINO RUSSO – <i>Limiti e prospettive delle applicazioni di lotta biologica in post-raccolta</i>	» 91
GIACINTO SALVATORE GERMINARA, ANTONIO DE CRISTOFARO, GIUSEPPE ROTUNDO – <i>Attività biologica di composti volatili dei cereali verso Sitophilus spp.</i>	» 101
MICHELE MAROLI – <i>La contaminazione entomatica nella filiera degli alimenti di origine vegetale: controllo igienico sanitario e limiti di tolleranza</i>	» 107

SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE 18 FEBBRAIO 2011

Tavola rotonda su:

L'ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA
PER LA PREVENZIONE E LA LOTTA CONTRO
GLI INFESTANTI DELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

Coordinatore:
LUCIANO SÜSS, Accademico

THE ROLE OF URBAN ENTOMOLOGY TO ENSURE FOOD SAFETY AND SECURITY

VACLAV STEJSKAL(*)

(*) *Crop Research Institute, Department of Stored-product pests control, Drnovska 507, 161 06 Prague 6, Czech Republic, stejskal@vurv.cz*
Lettura tenuta durante la Tavola rotonda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011

The role of urban entomology to ensure food safety and security

The presentation covers the recent advances achieved mainly in the fields of risk evaluation and monitoring of urban insect and mite pests. The paper discusses the following topics in detail: (i) Mites cause serious risk for occupational allergy in grain stores; (ii) Cockroach allergens Bla g 1 and Bla g 2 are stable enough to persist in households for more than one year; (iii) Identification of immature stages is under-studied: comprehensive identification keys for pest egg stages are still not available; (iv) The importance of correct and unified methods for interpretation of filth detection and population sampling and monitoring of stored product pests in Europe. This invited paper was funded by Accademia Nazionale Italiana di Entomologia and co-funded by the project MZe CR, VZ - 0002700604.

KEY WORDS: urban entomology, insect and mite pest, food security, allergy in cereal stores.

INTRODUCTION

Urban entomology definitions

Entomology concentrates its main focus on the study of insects. This branch of science is diverse and includes many entomological sub-disciplines. Urban entomology and stored product entomology belong among the most important entomology sub-disciplines due to their beneficial impacts on human society. There are no universally accepted sets of definitions concerning entomological disciplines and sub-disciplines. Surprisingly the most comprehensive book and textbook on urban insects and arachnids (A handbook of urban entomology; ROBINSON, 2005) by prof. W.H. Robinson does not provide any definition of urban entomology as a scientific discipline.

In general textbooks and dictionaries, "Urban entomology" is usually defined as a scientific discipline that deals with insects that come into close contact with humans and affect immediate surroundings of daily life. Some authors even classify "Urban Entomology" as a sub-discipline of forensic entomology. For example, the forensic entomology web pages (e.g. <http://www.forensicentomology.com/definition.htm>) equipped the readers with the following classification and interpretation: "The broad field of forensic entomology is commonly broken down into three general areas: medico legal, urban, and stored product pests. The urban aspect deals with the

insects that affect man and his immediate environment. Urban pests are of great economic importance and the forensic entomologist may become involved in civil proceedings over monetary damages. Stored product insects are commonly found in foodstuffs and the forensic entomologist may serve as an expert witness during both criminal and civil proceedings involving food contamination". The definition variation shows that stored product and urban entomology are quickly evolving disciplines that interact with other fields of science.

STORED PRODUCT PROTECTION AND URBAN ENTOMOLOGY IN ITALY

There is a long tradition of stored product and urban entomology in Italy. Courses on urban and stored product entomology have been available for students at several universities across the Italy. The Italian stored product and urban entomology is internationally recognized for making significant contribution in many areas, including pest monitoring, mating disruption, pest-proof packaging materials and pest chemical and physical control (FRILLI, 1965 DOMENICHINI, 1980, 1982, PAGANI, 1982). Considering the importance of Italy as a producer and exporter, pests of alimentary paste has been the subject of much research (TREMATERA, & SÜSS 2009). Part of that long-

term tradition represents an excellent organization of various conferences and symposia concerning urban entomology and food protections and safety.

The symposia and workshops have always attracted many scientists and food industry representatives from Italy and abroad. The most famous event has probably become the series of conferences “La Difesa Antiparassitaria Nelle Industrie Alimentari Ela Protezione Degli Alimenti”. These conferences are connected with the names of many internationally recognised Italian urban and stored product entomologists and acarologists; e.g., Prof. Domenichini, Prof. Pagani, Prof. Frilli, Prof. Sussto name just a few.

In early 90^{ties} of the last century, Italian urban and stored product scientists have also become founding members of the international IOBC Stored Product Entomology group. Until today, this small group has gradually increased manifolds. Nowadays IOBC conferences are regularly attended by stored product and urban entomology scientists from more than 50 countries. The IOBC/WPRS Working Group on Integrated Protection of Stored Products (<http://www.iobc-wprs.org/>) meets every two years to discuss new findings regarding the following topics: biology of stored product pests, methods of pest prevention during storage, transportation and handling pheromones, traps and other methods to detect stored product pests, all aspects of biological control, prevention of microflora infection and development of mycotoxins, physical, chemical and other techniques for stored product pest control, futurology: overviews and future trends on all aspects of storage pest control. wood-boring, urban, quarantine and museum pests .

Prof. Pasquale Trematerra was the main local organizer for the Conference of the IOBC/WPRS (OILB/SROP) Working Group on “Integrated Protection of Stored Products” (29 June-2 July 2009) hosted by University of Molise Campobasso, Italy. The objective of the conference was to discuss new research developments in integrated protection of stored products , particularly the non-toxic control methods. Communications were focused on maximising the dissemination of new control technologies able to reduce the use of residual pesticides and on minimising risks to non-target organisms and environment contamination.

This well attended conference and meeting (organized by Accademia Nazionale Italiana di Entomologia in Florence in 2011) is a further proof that the Italian urban and stored product entomology has not only good tradition and historical roots but also strong presence and bright future.

URBAN AND STORED PRODUCT ENTOMOLOGY IN THE CZECH REPUBLIC

This paper reviews some of the results that have been achieved by scientists at Crop Research Institute (CRI) Prague. The department of stored-product pests control (CRI) has a long tradition. It was established over 60 years ago and is the only department in the Czech Republic dealing with post harvest protection of agricultural commodities. Its area of competence extends to all places where materials of animal and plant origin are stored, such as warehouses of the Ministry of Agriculture, as well as food processing factories and private households. The current research of department is aimed at integrated pest management and food safety. The study of department responses an interdisciplinary research (entomology, rodentology, food science, medicine, physiology) with the topics as follows: (i) Faunistics, pest as vectors; (ii) pest morphology and physiology; (iii) pest life history; (iv) biological control and anti-feedants (GMO); (v) monitoring; (vi) physical and chemical control; (vii) pests as allergen producer in stored food commodities.

INSECTS MITES AND FOOD SECURITY AND FOOD SAFETY

When men began to store food, it was attacked by a vast array of insects, mites and rodents which before had been of no significance in human environment. In spite of the advanced motoring and control systems possessed by a modern society, urban and store product insets a mites are still real problem around a world. In the tremendous food-storage organization of today, insects destroy thousands of tons of food annually. While “food security” is the main issue for developing countries, the developed countries are more concerned by problems associated with “food safety”. “Food safety” has recently transformed into scientific discipline describing handling, preparation, and storage of food in ways that prevent foodborne illness and food contamination. This includes a number of routines that should be followed to avoid potentially severe health hazards. Arthropods have been recognized as potential significant health hazards because of their allergenic (mites, psocids, cockroaches, mice) or mutagenic (e.g. *Tribolium* spp.) effects. As a consequence, stored product and urban pest tolerance is very low and their economic thresholds are approaching zero level (STEJSKAL, 2002).

Stored product pest may be source of indirect

contamination of stored commodities, by pesticide residues (> MRLs) of chemical treatment by protectants. Direct contamination includes physical, microbial and chemical (toxins, carcinogens and allergens) arthropod contaminants. Parts of arthropod bodies, exuviae and feces are physical contaminants whose safe levels are regulated by Defect Action Levels (DALs) in USA. For example, the alarming extent of contamination of Italian flour by fragments of insects and mites has been recently demonstrated by team of prof. Trematerra (TREMATERRA *et al.*, 2011). All stored product inhabiting arthropods (cca 500 species), pest, non-injurious fungivores and beneficials parasites and predators of pests all can become source of physical contamination. The most frequently reported cause of physical contamination are internally feeding insects (*Rhizopertha* sp., *Sitophilus* sp.). Many species host and transfer toxinogenic fungi or microbial human/animal pathogens. Mites produce chemicals responsible for bad smell of grain while *Tribolium* spp. are the only storage pests producing carcinogens. Evidence is growing that exposure of alimentary products to arthropods causes of allergenic sensitization. Some species of Acarina, Blattodea, Coleoptera, Lepidoptera and Psocoptera may cause allergic reactions in humans exposed to remnants of their bodies. No critical levels are available for contamination of food agro-commodities by allergens of arthropods.

Virtually arthropod and vertebrate pests occur at every point along the chain of food production. Since pests represent profound economic and medical risk, their presence must be monitored (e.g. DOMENICHINI & ALDINI 1995; TREMATERRA, 1997) and pest populations systematically controlled; either chemical or non-chemical way (SÜSS & SAVOLDELLI, 2009). However, the currently used pesticides and biocides have been under strong legislative pressure in European Union. Many groups of extremely active chemicals have been deregistered or resistance has evolved (e.g. methyl bromide / SAVIGLIANO *et al.*, 2006/, organophosphate insecticides, first generation of rodenticides). Many of the remaining insecticides and rodenticides will not survive the upcoming decade, leaving a significant gap.

With the restriction of traditional tools, there is an urgent need for new research (SÜSS & LOCATELLI, 1996; SÜSS & TREMATERRA, 2003) concerning integrated pests management (TREMATERRA & SÜSS, 2009), pest risk assessment, identification, detection, monitoring (TREMATERRA & SCIARRETTA, 2004) and control of urban and stored-product pests.

This presentation will provide overview of the current research achievements in the field of identification, monitoring, pest allergenic-risk assessment and control of stored product and food industry pests in the Czech Republic in collaboration with various European and Non-European institutions and universities.

RISK EVALUATION, IDENTIFICATION AND MONITORING OF SELECTED URBAN AND STORED PRODUCT PESTS

Mites cause serious risk for occupational allergy in grain stores

RESULTS - We estimated risk of occupational allergy to stored grain arthropods and false pest-risk perception in Czech grain stores (STEJSKAL & HUBERT, 2008). Arthropods are a documented cause of occupational allergy in cereal stores. Since the current allergenic risk of various arthropods in grain stores is not known, we evaluated its extent using data from the Czech Republic (CZ). We surveyed 514 grain storage units for pest composition and density. Farmers were questioned for pest taxon-related pesticide treatments. Mites constituted the largest group of collected pests (92%) followed by psocids (5%), beetles (3%) and moths (0%). 60% of mites belonged to known allergen producing species; the most abundant were *Acarus siro*, *A. farris*, *Tyrophagus putrescentiae* and *Lepidoglyphus destructor*. Grain samples belonged to the established ARL classes as follows: (i) safe-ARL: 37% (ii) low-ARL: 53%; (iii) high-ARL: 6%; (iv) danger-acute asthma-ARL: 4%. The enquiry among farmers revealed that almost no pesticides were targeted solely to control mites.

CONCLUSION - This study suggests that mites represent, due to their allergenic potential, density and frequency, the most serious source of allergens in stored grain in CZ. However, the medical aspect of pest control – such as allergy avoidance strategy – is overlooked since grain feeding insects were mostly chemically controlled, regardless of their relatively low density and allergen production in comparison with mites.

Cockroach allergens Bla g 1 and Bla g 2 are stable enough to persist in households for more than one year

RESULTS - Cockroaches occur not only in public housing but occupy most the food industry premises (STEJSKAL & VERNER, 1996), where

potentially endanger food safety. Feces of German cockroaches (*Blattella germanica* L.) are medical and food safety hazards since they contain microbial pathogens and allergenic proteins including Bla g1 and Bla g2. Cockroach allergies were documented as serious problems in apartment houses and hospitals. In this work we explored for how long may allergens remain (i) in flats after cockroach extermination and (ii) in laboratory under simulated temperature conditions (i.e. 15, 20, 25, 30 and 35°C). We found that allergens Bla g1 and Bla g2 were very stable over time both in flats and in laboratory after exposure of various temperatures. In households allergen Bla g2 remained unchanged while the content of allergen Bla g 1 decreased by cca 30% in the period of 9 months. Allergenic symptoms may therefore still remain even after successful cockroach extermination from the infested apartment.

CONCLUSION The results indicate that, Bla g 1 and Bla g 2 allergens can persist in feces for several months under usual household humidity and temperature. In sensitive person, allergenic symptoms may therefore still remain even after successful cockroach extermination from the infested apartment. This highlight the importance of regular cockroach monitoring coupled with implementation of preventive control measures. In case of active infestation not only pest control but also deep cleaning and sanitation along with chemical decontamination of allergens should be executed.

Identification of immature stages is under-studied: comprehensive identification keys for pest egg stages are still not available

RESULTS - Usually identification features are known for adults. External egg morphology of stored-product pests based on optical and scanning electron microscope (SEM) micrographs is studied in our department. We examined of eggs of the following storage pests groups: mites (Acarina), psocids (Psocoptera) and storage beetles (Coleoptera: Anobiidae, Bostrichidae, Silvanidae, Laemophaleidae). Diagnostic characteristics were described and identification keys were constructed and published (KUCEROVA & STEJSKAL, 2002, 2008; 2009; 2010).

CONCLUSION - Identification of immature stages is strongly under-studied. Although several keys have been published, eggs of many species still remain un-described due to lack of proper funding. As a consequence, comprehensive identification keys for pest egg stages is not available

The importance of correct and unified methods for interpretation of filth detection and population sampling and monitoring of stored product pests in Europe

RESULTS - We showed that the sampling tools and methods as well as and laboratory extraction methods affect interpretation of grain infestation by storage pests (KUDLIKOVA-KRIZKOVA, *et.al.*, 2007, STEJSKAL *et al*, 2008, LUKAS *et al.*, 2009, HUBERT *et al.*, 2009, TREMATERRA *et al.*, 2011). European Union countries undergo the process of unifying laws. This is also true for protocols designated for monitoring and evaluation of pests and pesticide risks. This study was aimed at exploring whether different methods of sampling and extracting pests would lead to different pest population estimation. We compared two methods of sampling (surface sampling with cup-sampler vs. subsurface sampling with spear-sampler) and two methods of pests' extraction from samples (automated sieving vs. Tullgren apparatus) taken from a highly pest infested flat grain store. Overall eight species of mites, seven species of beetles and two species of psocids were identified. The pest population density ranged between 0-12 individuals per sample (200 g) in psocids, 0-14 in beetles and 2-25060 in mites. Surface sampling with cup-sampler was significantly more effective than sampling using subsurface spear-sampler.

CONCLUSION - Various European countries and producers are using different methods for pest sampling and pest extraction from samples. However, this study revealed profound variation in pest population density and spatial distribution when estimated by different sampling methods from the identical place (store). This indicates necessity for creation of common European protocol for sampling and detection of storage pests.

ACKNOWLEDGMENT

Author wish to thank members of Accademia Nazionale Italiana di Entomologia for their invitation. Special thanks is expressed to Prof. Luciano Suss and Prof. Pasquale Trematerra for kind arrangement of my visit of the meeting and workshop of the Accademia Nazionale Italiana di Entomologia in Florence 2011. This contribution was co-funded by the project MZe CR, VZ - 0002700604.

REFERENCES

DOMENICHINI G., 1980 - *Le infestazioni entomatiche degli alimenti presso i punti di vendita.* - Giornate Scientifiche Internazionali di Stresa, «Il Controllo Qualità degli

- alimenti dalla ricerca al consumo», Stresa 12-14 giugno 1980: 236-246.
- DOMENICHINI G., 1982 – *Nuovi metodi e mezzi per la difesa antiparassitaria: prospettive e limiti*. - Atti Tavola Rotonda «Difesa antiparassitaria e nuove prospettive», Milano 6 aprile 1982. Istituto Scotti Bassani per la Ricerca Scientifica e l'Informazione Nutrizionale, schede informative n. 4/82: 20-28.
- DOMENICHINI G., ALDINI N.R., 1995 – Use of dermestid pheromones for survey and control purposes. - *Notiziario sulla Protezione delle Piante*, n.s., 4: 46-52.
- ERBAN T., STEJSKAL V., AULICKY R., KRIZKOVA-KUDLIKOVA, I. NESVORNA M., HUBERT J., 2010 – *Comparison of temporal rate of decay of cockroach allergens Bla g 1 and Bla g 2 in laboratory and household conditions*. - *J. Med. Entomol.* 47: 1062- 1070.
- FRILLI F., 1965 – *Le paste infestate. Indagine sulla frequenza degli insetti dannosi e dei loro parassiti*. - *Molini d'Italia XXI*, 247- 257.
- HUBERT J., NESVORNA, M., STEJSKAL V., 2009 – *The efficacy of sieving, filth flotation and Tullgren heat extraction for detecting various developmental stages of Tribolium castaneum and Ephestia kuehniella in samples of wheat grain, flour and semolina*. - *Journal of Stored Products Research*. 45: 279-288.
- KUCEROVA Z., STEJSKAL V., 2002 – *Comparative egg morphology of silvanid and laemophloeid beetles (Coleoptera) occurring in stored products*. - *Journal of Stored Products Research*. 38: 219-227.
- KUCEROVA Z., STEJSKAL V., 2009 – *Morphological diagnostic of the eggs of stored-products mites*. - *Experimental and Applied Acarology*. 49: 173-183
- KUCEROVA Z., STEJSKAL V., 2008 – *Differences in egg morphology of the stored-grain pests Rhyzopertha dominica and Prosthepanus truncatus (Coleoptera: Bostrichidae)*. - *Journal of Stored Products Research*. 44: 103-105
- KUCEROVA Z., STEJSKAL V., 2010 – *External egg morphology of two stored-product Anobiids, Stegobium paniceum and Lasioderma serricorne (Coleoptera: Anobiidae)*. - *Journal of Stored Products Research*. 46: 202-205
- KUDLIKOVA-KRIZKOVA I., STEJSKAL V., HUBERT J., – 2007 – *The comparison of detection methods for Acarus siro contamination in grain*. - *J. Econom. Entomol.* 100: 1928-37
- LUKAS J., KUCEROVA Z., STEJSKAL V., 2009 – *Computer-based image analysis to quantify number of microarthropods in samples*. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 132: 289-294.
- PAGANI M., 1982 – *Vulnerabilità agli insetti di alcune confezioni per alimenti. Ricerche preliminary*. - *Atti III. Piacenza pp.* 309-317.
- ROBINSON W.H., 2005 – *Urban insects and arachnids - A handbook of urban entomology*. Cambridge University Press, Cambridge, 472 pp.
- SAVIGLIANO R., MINUTO A., CAMPONOGARA A., SAVOLDELLI S., SÜSS L., GULLINO M.L., 2006 – *Bromuro di metile: eliminazione senza rimpianti*. - *Informatore fitopatologico* 3: 31-35.
- STEJSKAL V., VERNER P.H., 1996 – *Long-term changes of cockroach infestations in Czech and Slovak food-processing plants*. - *Medical and Veterinary Entomology*, 10: 103-104.
- STEJSKAL V., AULICKY R., KUCEROVA Z., LUKAS J. 2008 – *Method of sampling and laboratory extraction affects interpretation of grain infestation by storage pests*. - *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115: 129-133.
- STEJSKAL V., 2002 – *Inversion relationship between action threshold and economic/aesthetic injury level for the control of urban and quarantine pests*. - *Journal of Pest Science*, 75(6): 145-168.
- STEJSKAL V., AULICKY R., PEKAR S., 2009 – *Brief exposure of Blattella germanica (Blattodea) to insecticides formulated in various microcapsule sizes and applied on porous and non-porous surfaces*. - *Pest Management Science*, 65: 93-98.
- STEJSKAL, V; HUBERT, J: 2008 – *Risk of occupational allergy to stored grain arthropods and false pest-risk perception in Czech grain stores*. - *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 15: 29-35.
- Süss L., Locatelli D.P., 1996 – *New trends in pest control in an Italian "pasta" factory*. - *Proceedings International Forum, Stored product protection and post-harvest treatment of plant products*. Council of Europe, Strasbourg, 171-177.
- SÜSS L., TREMATERRA P., 2003 – *Tecniche innovative per la disinfestazione di derrate e industrie alimentari*. - *Informatore fitopatologico* 10, 44-50.
- SÜSS L., SAVOLDELLI S., 2009 – *Mass trapping and mating disruption to control Cadra cautella (Walker) in a confectionary factory*. - *Proceeding of the Working Group "Integrated Protection of Stored Products"*, International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious animals and Plants/West Palaearctic Region Section, 29 June- 2 July, 2009, Molise, Campobasso, Italy. (In press).
- TREMATERRA P., 1997 – *Integrated Pest Management of stored-product insects: practical utilization of pheromones*. - *Anzeiger für Schädlingskunde*. 70 (3): 41-44
- TREMATERRA P., STEJSKAL V., HUBERT J., 2011 – *The monitoring of semolina contamination by insect fragments using the light filth method in an Italian mill*. - *Food Control*, 22 (7): 1021-1026
- TREMATERRA P., L. SÜSS L., 2009 – *Integrated Pest Management in Italian pasta factories*. - *Proceeding of the Working Group "Integrated Protection of Stored Products"*, International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious animals and Plants/West Palaearctic Region Section, 29 June- 2 July, 2009, Molise, Campobasso, Italy. (In press).
- TREMATERRA P., SCIARRETTA A., 2004 – *Spatial distribution of some beetles infesting a feed mill with spatio-temporal dynamics of Oryzaephilus surinamensis, Tribolium castaneum and T. confusum*. - *Journal of Stored Products Research*, 40: 363-377.

SVILUPPO DELLE CONOSCENZE IN ITALIA SUGLI ORGANISMI INFESTANTI IN POST-RACCOLTA: PASSATO, PRESENTE, FUTURO

PIERO CRAVEDI (*) - LUCIANO SÜSS (**)

(*) *Istituto di Entomologia e Patologia vegetale - Facoltà di Agraria - Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza;*

piero.cravedi@unicatt.it

(**) *Dipartimento di Protezione dei Sistemi agroalimentare e urbano e Valorizzazione delle Biodiversità (DiPSA) - Università degli Studi di Milano;* *luciano.suss@unimi.it*

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011

Evolution in Italy of knowledge regarding stored product pests: past, present and future

In this paper a brief review of the historical aspects of the foodstuff protection against insect pests has been undertaken.

Stored product entomology, as a scientific discipline, was established a little later than some other specializations of applied entomology.

Early important studies about the biology of insect pests of stored products were carried out by Giuseppe Salvatore Candura who began his research in Portici, near Naples, under the direction of Filippo Silvestri. A first paper on *Sitotroga cerealella* was published in 1926. Later Candura published many other studies on the time of development of several species and also many other data about life cycles. Nowadays these papers are important reference points.

After the second world war, many contributions were made by Gino Dal Monte who, between 1950 and 1990, published many scientific and divulgative papers. Particular attention to stored product entomology was carried out at the University of Milan by prof. Minos Martelli and prof. Giorgio Domenichini.

In Milan the teaching of this new discipline was also initiated when, during the Academic Year 1973/74, the course of "Animal parasitology and foodstuff protection" was introduced. In the following years several courses with similar content were begun in many other Universities.

Reference is also made to the work of prof. Giorgio Domenichini, who intensified his studies when he was transferred to Piacenza.

The review also summarises the activities of Italian entomologists in several international working groups and the most important works published in Italy in the field of stored product entomology.

In conclusion, the principal research activities carried out in Italian Universities and future prospects are considered.

KEY WORDS: pests, stored products, history, development, research, teaching, Italy.

I TEMPI ANTICHI

Gli insetti dannosi alle derrate erano ben conosciuti fin dai tempi antichi, tanto che i Greci definivano "parásitos" chi era sempre presso (pará) le granaglie o il cibo degli altri (sítos) (TREMBLAY, 2003). Ovviamente, infatti, già nell'antichità i granai offrivano cibo abbondante per insetti e roditori; conseguentemente, numerose specie, viventi dapprima in pieno campo, si trasferirono come "parassiti" nei magazzini, insediandovisi in pianta stabile. Residui di insetti pressoché fossilizzati si sono rinvenuti nelle "fosse granarie" utilizzate sin dal neolitico (4590-3530 a.C.) nel Foggiano.

Varrone (116-27 a.C.) evidenziò quanto fosse importante una buona essiccazione dei cereali prima dell'immagazzinamento; in tal modo, i cosiddetti "punteruoli" sarebbero fuggiti dal frumento riscaldato dal sole, venendo catturati in recipienti pieni d'acqua: probabilmente si tratta del primo esempio

di mass-trapping nei riguardi di insetti delle derrate. Sempre Varrone e, successivamente, Columella (I sec. d.C.) prescrivevano di edificare magazzini per cereali aperti ai venti di Est e Nord, elevati dal terreno per ostacolare l'arrampicamento da parte dei topi, da installare in ambienti asciutti. Suggestivano, in alternativa, di immagazzinare le cariossidi in apposite buche sotterranee, creando situazioni di ermeticità tali da uccidere, grazie all'anidride carbonica naturalmente prodotta dai semi, eventuali infestanti presenti. Fin da quei tempi, inoltre, l'essiccazione, spesso abbinata all'affumicatura e salatura, venne utilizzata per conservare carne e pesce.

Varrone riferisce poi che i legumi devono essere conservati in recipienti ben chiusi e tappati con uno strato di cera, dopo essere stati trattati in superficie con olio di oliva.

Anche la morchia, residuo acquoso della spremitura delle olive, era indicata da Catone (234-149 a.C.), e successivamente da Varrone (116-27 a.C.),

da Plinio Secondo (23-79 d.C.) e Palladio (IV sec. d.C.), come sostanza in grado di impedire gli attacchi parassitari, tanto più se l'efficacia repellente veniva esaltata "attivando" la morchia stessa con foglie smiuzzate di assenzio (LEVINSON & LEVINSON, 1997). Tale intruglio doveva avere una buona efficacia, tanto è vero che fino al IV secolo d.C. la pratica veniva applicata.

Poco o nulla di originale avrebbero aggiunto gli autori medioevali, come Alberto Magno, o del Rinascimento, come Ulisse Aldrovandi. Epoche più che altro votate, anche sul piano scientifico, a recuperare e tramandare la sapienza degli antichi.

I PRIMI CONTRIBUTI DELLA SCIENZA E LA NASCITA DELL'ENTOMOLOGIA APPLICATA

Solo con la scoperta del microscopio lo studio degli insetti prese vigore. Siamo all'inizio del '600 e Galileo per primo osservò alcuni insetti con tale prodigioso strumento introducendone l'uso nella ricerca scientifica. Da allora lo studio degli insetti ha apportato contributi rilevanti allo sviluppo delle scienze biologiche. Basti ricordare Francesco Stelluti, Francesco Redi, Marcello Malpighi e poi Antonio Vallisneri, Lazzaro Spallanzani ed infine Giovan Battista Grassi.

Anche l'Entomologia agraria è iniziata, come vera e propria disciplina, solamente verso la metà dell'800. Autorevole testimonianza di questo fatto si trova nel primo volume dell'opera di Antonio Berlese "Gli Insetti", del 1909 (BERLESE, 1909). In tale volume Berlese, nel capitolo dedicato alla storia dell'Entomologia, cita Achille Costa, noto in particolare per un pionieristico studio che tratta anche gli insetti fitofagi delle derrate, e riconosce ad Adolfo Targioni Tozzetti il merito di aver fondato l'Entomologia agraria in Italia. Non vi si trovano però particolari riferimenti a ricercatori impegnati nel campo dell'Entomologia merceologica.

IL PRIMO NOVECENTO

Nel nostro Paese solo dai primi anni del secolo scorso vari studiosi hanno iniziato ad occuparsi di Entomologia merceologica. Una spiegazione di questi ritardi si può individuare nei cambiamenti che hanno caratterizzato l'agricoltura e la società dall'Unità d'Italia in poi. Da un'agricoltura che produceva prevalentemente per il consumo in azienda o per mercati locali si è passati all'attuale situazione globalizzata. Dagli anni '50 del XX secolo fenomeni come l'urbanizzazione, la modernizzazione dei sistemi produttivi in agricoltura e le modificate abitudini della

popolazione hanno richiesto un diverso atteggiamento nei confronti degli alimenti. Grazie alla genetica, alla meccanizzazione e all'uso dei fertilizzanti chimici la produttività delle coltivazioni aumenta in modo prodigioso. I sistemi di coltivazione e di conservazione post-raccolta vengono rivoluzionati.

Soddisfatte le esigenze quantitative, nei Paesi economicamente sviluppati sono emerse esigenze di qualità degli alimenti e la richiesta di cibi trasformati dall'industria. Esiste un'evidente contraddizione nel comportamento dei consumatori che si esprimono in gran parte a favore di tutto quanto è fresco, naturale, "biologico", "di stagione", ma che per una molteplicità di cause acquistano sempre meno materie prime da cucinare, preferendo prodotti già più o meno pronti per il consumo (ortaggi della IV gamma, surgelati, piatti pronti e altro).

Nell'ultimo secolo è emersa quindi l'esigenza che non basta produrre, ma che occorre conservare e trasformare i prodotti dell'agricoltura. La conservazione degli alimenti assume attualmente dimensioni industriali.

Agli inizi del '900 erano però prevalentemente i cereali che venivano conservati, in gran parte nei granai delle aziende agricole.

Nel 1917 Berlese dedicava un capitolo del volume "Insetti delle Case e dell'Uomo e malattie che diffondono" agli infestanti delle derrate nelle abitazioni, senza fornire però particolari indicazioni di difesa (BERLESE, 1917). Si deve quindi considerare Giuseppe Salvatore Candura (1899-1974) come capostipite dell'Entomologia merceologica, con particolare riferimento allo studio della biologia di insetti infestanti le derrate e ai mezzi di lotta.

Il Candura, a Portici, sotto la guida di Filippo Silvestri, pubblicò nel 1926 uno studio su *Sitotroga cerealella* (CANDURA, 1926). Di grande interesse, in questo primo contributo e nei numerosi lavori che Candura produsse in seguito, sono i dati sull'importanza delle diverse specie, la consistenza dei danni procurati e i mezzi utilizzati per combatterle.

Poiché la granella veniva reimpiegata in azienda come semente, era molto temuto l'effetto delle infestazioni sulla germinabilità. In quei tempi gli attacchi parassitari potevano raggiungere livelli molto alti e la preoccupazione riguardava prioritariamente le perdite di prodotto, mentre minore importanza era attribuita al deterioramento qualitativo. Alcuni suoi studi riguardano inoltre le gallette militari, farine di varia origine e la pasta alimentare (CANDURA, 1932; 1938).

Le ricerche, condotte con rigore, forniscono informazioni sui tempi di sviluppo delle diverse specie e su molti particolari del ciclo biologico, risultando ancora oggi importanti riferimenti.

Con il passaggio di Candura all'Osservatorio Fitopatologico di Bolzano, alla fine degli anni '30, diminuiscono le pubblicazioni di entomologia merceologica, a favore di quelle di entomologia agraria. Di rilievo è il volume "Gli insetti delle derrate come materiale per ricerche biologiche" pubblicato nel 1954 nei Symposia Genetica del Centro di Genetica del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso l'Università di Pavia (CANDURA, 1954). È interessante ricordare come egli già nel 1939 affermasse che "l'Entomologia merceologica sarà una Scienza che in un prossimo domani diverrà materia di insegnamento nelle Università, specialmente nelle Facoltà di Economia e Commercio, di Agraria e di Scienze naturali" (CANDURA, 1939).

Gli ultimi anni '40 del secolo scorso segnano l'intensificarsi di fenomeni di trasformazione sociale e lo sviluppo dell'industria alimentare a cui già si è fatto cenno.

LA SECONDA METÀ DEL NOVECENTO - IL GABINETTO ANALISI ENTOMOLOGICHE DEL MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE

Nel secondo dopoguerra veramente intenso è stato, nel settore, il contributo di Gino Dal Monte che, tra il 1950 ed il 1990, diede alle stampe ben 170 pubblicazioni, in parte di elevato valore scientifico, in parte prettamente divulgative. Dal Monte era Direttore del Gabinetto Analisi Entomologiche del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste; per lo più i suoi studi vennero dedicati alle infestazioni dei cereali e della pasta alimentare.

È del 1954 la sua segnalazione sulla presenza in Italia di *Trogoderma granarium* e *T. inclusum* sulle cariossidi di frumento (DAL MONTE, 1954). È del 1957 il primo studio relativo all'utilizzo di raggi X per l'esame dei cereali in granella, onde individuare eventuali insetti annidati (DAL MONTE, 1957).

Occupandosi del problema relativo alle frequenti infestazioni della pasta alimentare, dimostrò, con meticolosi lavori, l'impossibilità che gli attacchi avessero inizio nelle fasi di impasto, trafila ed essiccazione della pasta stessa. Per tale scopo mise a punto un metodo, rapido e molto pratico, per disporre di uova "libere", dei *Sitophilus* vive e vitali (DAL MONTE, 1964). Tale tecnica è ancor oggi di piena validità.

Ulteriore innovativo ambito di studi, avviato già dal 1966, e poi approfondito con successivi contributi, fu quello di verificare la resistenza di film plastici all'attacco di insetti granivori: si tratta di un settore di indagine ancora attuale e di estrema rilevanza (DAL MONTE, 1966).

Tra il gran numero di lavori pubblicati si notano

anche studi relativi alle possibilità di prevenzione delle infestazioni nei magazzini di cereali e nelle industrie alimentari, all'utilizzo di insetticidi tradizionali o di gas tossici, all'esame di residui di anti-parassitari nei cereali importati.

Alcuni opuscoli divulgativi, messi a punto in particolare in occasione di corsi di istruzione in Entomologia merceologica, distribuiti negli anni '60 in migliaia di copie, risultarono elemento di sicuro riferimento per gli operatori del settore, sino a quei tempi pressoché abbandonati a sé stessi. Si aggiunga un bel volumetto, edito nel 1985 dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, relativo alla "Difesa delle paste alimentari dagli insetti", ricco, oltre che di illustrazioni, di preziose indicazioni che attestano le profonde conoscenze dell'Autore sulle problematiche trattate, nonché la sua grande capacità di fornire sicure indicazioni, tuttora di piena validità, con parole chiare e semplici (DAL MONTE, 1985).

La poliedrica attività di Dal Monte è altresì evidenziata da alcune note che prendono in esame quanto riferito da scrittori dell'antica Roma, relativamente alla conservazione del frumento e agli attacchi parassitari. Interessante è il lavoro che attesta la presenza di insetti nel frumento carbonizzato rinvenuto nel corso degli scavi archeologici di Ercolano (DAL MONTE, 1956).

L'ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA PRESSO L'UNIVERSITÀ DI MILANO

Ci sia consentito, a questo punto, ricordare le lezioni relative alle infestazioni in post-raccolta che Dal Monte teneva all'Università di Milano, nell'ambito del Corso di Entomologia agraria, di cui era titolare il prof. Minos Martelli, mentre uno degli autori di questa relazione a quel tempo sedeva tra i banchi come studente del II anno della Facoltà di Agraria.

Dal Monte era in ottimi, costanti rapporti con il prof. Martelli e con il piccolo nucleo di entomologi dell'Istituto di Entomologia agraria dell'Università di Milano. In questo Istituto operava, tra gli altri, Giorgio Domenichini, il quale, oltre che dedicarsi agli studi di sistematica sui Calcidoidei, nel settore dell'Entomologia applicata aveva rivolto la sua attenzione proprio all'Entomologia merceologica.

È dagli anni '70 che il commercio internazionale s'intensifica e molini, pastifici e industrie dolciarie aumentano progressivamente le loro dimensioni. Dall'ambiente rurale si è passati a quello urbanizzato. Le industrie hanno elevate esigenze sulla qualità delle materie prime e devono assicurare che

nell'intera filiera produttiva non si siano verificate infestazioni da parassiti animali: insetti, acari, uccelli e roditori.

Giorgio Domenichini fu sollecitato fin dal 1948 da Remo Grandori a interessarsi della lotta contro gli insetti dannosi ai cereali in magazzino. La sua produzione scientifica in questo settore dal 1948 al 1970 fu continua, ma non molto intensa. L'impegno principale era dedicato alla sistematica dei parassitoidi.

Il primo lavoro sugli insetti delle derrate, in collaborazione con Remo Grandori e altri colleghi dell'Istituto di Entomologia di Milano, risale al 1948 ed è dedicato allo studio del "Potere insetticida e insettifugo di alcune bentoniti italiane" (GRANDORI *et al.*, 1948). L'argomento è tuttora attuale e oggetto di attenzione per la conservazione della granella di cereali, secondo le regole dell'agricoltura biologica.

La protezione dagli attacchi parassitari dei cereali fu oggetto di altri lavori, di qualche nota divulgativa e di lezioni di aggiornamento rivolte a tecnici.

Domenichini fu docente di un corso dal titolo "La lotta contro gli insetti dannosi ai cereali in magazzino" che si tenne a Milano già nella primavera del 1952. L'interesse per gli insetti delle derrate riprese vigore con il suo trasferimento a Piacenza, avvenuto nel 1965.

I "SIMPOSI" DI PIACENZA

L'espressione più completa della rilevante esperienza maturata da Domenichini nel settore dell'entomologia merceologica è consistita nell'organizzazione, nel 1972, del 1° Simposio su "La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti" (DOMENICHINI, 1972a), che si è poi tenuto regolarmente a Piacenza, con cadenza quinquennale, fino ai tempi attuali.

Il primo Simposio ebbe due importanti relazioni introduttive: la prima, di Luigi Nuzzolillo, Bruno Angelillo e Giovanni Renga, sugli "Effetti nocivi delle infestazioni parassitarie negli alimenti" (NUZZOLILLO *et al.*, 1972) e la seconda, di Domenichini, su "La scienza e le applicazioni tecnologiche per la difesa antiparassitaria degli alimenti" (DOMENICHINI, 1972b).

Molte tematiche furono affrontate per la prima volta in modo completo e coordinato. Limitandoci ad alcuni fra gli interventi più rilevanti, che verranno poi ripresi nei Simposi successivi, si segnala il contributo di Saccà e Stella sui problemi pratici e giuridici (SACCÀ & STELLA, 1972), quello di Rota sugli acari infestanti i formaggi e i salumi in stagionatura (ROTA, 1972) e la relazione di Santini sulla

biologia e il comportamento dei mammiferi roditori nocivi in Italia alle sostanze alimentari (SANTINI, 1972).

La Tavola Rotonda o una sessione specifica sui roditori e altri vertebrati venne mantenuta nei Simposi successivi. Interessanti, per la rarità dei lavori sull'argomento, sono le relazioni di Baldaccini sugli uccelli periurbani (BALDACCINI, 1989; 1993), di Zava e Di Bella sui Chiropteri antropofili (ZAVA & DI BELLA, 1993), di Santini sul biacco in ambiente antropico (SANTINI, 1989).

Argomenti che sono sempre stati esaminati sono quelli delle analisi entomologiche, della determinazione dell'origine delle infestazioni negli alimenti confezionati e del controllo degli infestanti nelle industrie alimentari (DOMENICHINI, 1979; 1984; 1989; 1993; 2003). Al riguardo, diversi furono anche gli interventi di Franco Frilli che affrontò i temi della progettazione delle industrie alimentari e della prevenzione antiparassitaria e quello della ricerca delle impurità solide nel miele (FRILLI & DALLA TORRE, 1972; FRILLI, 1979; FRILLI *et al.*, 1984).

Tra i relatori dovrebbero essere citati tutti quanti si sono occupati in Italia di Entomologia merceologica, sia presso le Università, sia presso altre Istituzioni e i responsabili della Qualità presso le principali industrie alimentari. Qualificata è stata anche la partecipazione di alcuni relatori stranieri.

I Simposi sono stati anche caratterizzati dall'attenzione a problemi emersi nell'arco degli ultimi decenni. Nel 1987 (4° Simposio) si affrontarono i diversi aspetti connessi alla radioattività negli alimenti (DOMENICHINI, 1989). Nei Simposi del 1992 (5°) e del 1997 (6°) si considerò il caso delle modificazioni genetiche e delle metodiche per la verifica della presenza di transgeni in vegetali e nei loro derivati alimentari (DOMENICHINI, 1993; CRAVEDI, 1998). Nel 1997 si dedicò una specifica sessione alla tematica dei feromoni, già presente peraltro in precedenti Simposi (CRAVEDI, 1998). Dal 2002 (7° Simposio) divenne attuale il problema delle micotossine negli alimenti (CRAVEDI, 2003).

Le drastiche limitazioni all'impiego dei mezzi chimici per la difesa delle derrate hanno comportato l'aumento dell'interesse per i mezzi fisici di lotta. Nell'8° Simposio, del 2007, ultimo fino ad ora realizzato, assunsero rilievo le ricerche sulle atmosfere controllate, i trattamenti termici e l'uso delle microonde (CRAVEDI, 2008a).

La 7ª edizione, nel 2002, ebbe un significato particolare: fu l'ultima a cui Domenichini partecipò. Tenne, come in tutte le altre edizioni, la relazione introduttiva (DOMENICHINI, 2003) e, pur in pensione, fu ancora l'ispiratore e la guida dell'evento (CRAVEDI, 2003).

Nel 2007 fu compito di uno di noi aprire i lavori

(CRAVEDI, 2008*b*), ma fu un momento molto triste. La scomparsa di Domenichini lasciò un grande vuoto nel suo Istituto e nel settore di ricerca a cui per tanto tempo aveva dedicato le sue energie, con intelligenza e originalità.

CONVEGNI E GRUPPI DI LAVORO INTERNAZIONALI

Nei trascorsi decenni l'evoluzione a livello mondiale della difesa antiparassitaria nei settori dell'Entomologia merceologica ed urbana ha consentito l'organizzazione di Convegni e Congressi Internazionali, a cui diversi studiosi italiani – in verità ancor oggi non molto numerosi! – hanno attivamente partecipato.

Se poi si considera lo sviluppo del Gruppo di lavoro OILB sulla Protezione delle derrate, organizzato nel lontano 1993 da Domenichini, con la prima riunione a Milano, a cui aderirono solo una dozzina di studiosi, provenienti da diverse Nazioni, constatando quanto sia cresciuto ai giorni nostri, a livello internazionale, il medesimo Gruppo di lavoro, è da prendere atto che di “acqua sotto i ponti” ne è passata ben tanta!

LA DIDATTICA

Quando, nell'a.a. 1969/1970, venne istituita per la prima volta in Italia, presso la Facoltà di Agraria di Milano, la laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari, Martelli e Domenichini si batterono, con lungimiranza, per far inserire, seppur come “complementare”, il Corso di “Parassitologia animale e difesa degli alimenti”.

Nel 1973 venne il momento di attivare questo Corso. Per l'appunto uno di noi, allora Assistente ordinario alla prime armi, venne individuato come possibile docente. Non ne sapeva molto, ma ricordava bene le lezioni di Dal Monte e, con il supporto di Domenichini, si mise all'opera.

Da quel momento sono trascorsi diversi decenni; numerosi studenti, laureatisi con ricerche nel settore specifico, sono da tempo inseriti come responsabili del “Controllo di Qualità” in industrie alimentari, altri sono divenuti tecnici di vaglia in imprese di disinfestazione, a volte risultando loro stessi titolari di imprese del settore.

Ma non è certo da dimenticare che alcuni tra i migliori studenti sono ora Professori Ordinari in diverse Facoltà, contribuendo in modo fattivo all'approfondimento delle ricerche, alla preparazione di nuovi laureati, alla diffusione delle conoscenze nella continua evoluzione della difesa antiparassitaria in post-raccolta.

LE PRINCIPALI TEMATICHE DI STUDIO IN ATTO NELLE UNIVERSITÀ ITALIANE

È opportuno ricordare la progressiva diffusione degli studi relativi a questo settore verificatasi in numerose sedi universitarie, in particolare a Bari, Bologna, Campobasso, Catania, Pisa, Udine, oltretutto, ovviamente, a Milano e Piacenza.

Tali tematiche di ricerca si riferiscono in particolare all'impiego di feromoni nel monitoraggio e per strategie di lotta indiretta nei riguardi di insetti infestanti, all'utilizzo di mezzi alternativi all'impiego di prodotti chimici, alla valutazione della vulnerabilità di involucri utilizzati per il confezionamento delle derrate; pure rilevante è lo studio relativo all'impiego di predatori e parassitoidi nel tentativo di attuare tecniche di lotta biologica anche nei magazzini di conservazione delle derrate o in reparti di industrie alimentari.

I risultati finora ottenuti sono stati riferiti dai numerosi Ricercatori coinvolti in tali problematiche sia nei Simposi di Piacenza, che in occasione delle periodiche riunioni del Gruppo di lavoro OILB, oltre che pubblicati su riviste a diffusione nazionale e internazionale.

Non è ovviamente possibile citare tale gran numero di contributi scientifici. Resta il fatto però che, confrontando la letteratura internazionale con quanto prodotto in Italia, si può tranquillamente affermare che il grado di conoscenze raggiunto pone i nostri studiosi ad un livello paritetico, se non in alcuni casi superiore, a quello dei più noti Ricercatori stranieri.

OPERE DI ENTOMOLOGIA MERCEOLOGICA PUBBLICATE IN ITALIA

Mentre all'estero sono state pubblicate da tempo numerose opere, spesso corredate da ricca iconografia, in Italia solo negli ultimi decenni sono stati prodotti diversi volumi specificamente dedicati all'Entomologia merceologica. Ciò è dovuto, fondamentalmente, all'inevitabile distribuzione limitata al nostro territorio che hanno i testi in lingua italiana, il che non invoglia le Case Editrici ad affrontare i costi di pubblicazione con un ben misero risultato economico.

Dopo le già ricordate opere di Berlese (BERLESE, 1917) e di Dal Monte (DAL MONTE, 1985) probabilmente il primo volume venne pubblicato da Süß (SÜSS, 1988), essenzialmente a scopo didattico, per gli studenti del corso che stava sviluppando. Successivamente sono stati dati alle stampe un'importante “Atlante delle impurità solide negli alimenti” a cura di Domenichini e collaboratori (DOMENICHINI, 1997), un volume sui “Parassiti delle

derrate” (SÜSS & LOCATELLI, 2001), ad opera di Gelosi e Süss un volumetto dal titolo “Insetti ed acari dei cereali in magazzino” (GELOSI & SÜSS, 1991), altro dal titolo “Prevenzione delle infestazioni nelle industrie alimentari” (SÜSS & PEZZATO, 2002), nonché, a cura di Trematerra e Süss, il “Prontuario di entomologia merceologica e urbana” (TREMATERRA & SÜSS, 2007). È di recentissima pubblicazione l’importante lavoro, in due volumi, dal titolo “Manuale pratico per il monitoraggio ed il riconoscimento degli insetti infestanti le industrie alimentari”, a cura di Pagani, Savoldelli e Schiaparelli (PAGANI *et al.*, 2010; 2011). Vanno infine ricordate le due edizioni del volume di entomologia urbana “Gli Intrusi” (SÜSS, 1990; 2004), essenzialmente divulgativo e rivolto “al grande pubblico”, in cui alcuni capitoli sono specificatamente dedicati agli insetti infestanti le derrate e alle possibilità di lotta.

Come si può notare, malgrado tutto, in questi ultimi anni la bibliografia specifica in Italia non è certo venuta meno.

PROSPETTIVE DI RICERCA

Quali sono, al momento, le prospettive di studio? Da un lato è da considerare la necessità di una continua evoluzione nella difesa antiparassitaria, conseguente alla indisponibilità di antiparassitari un tempo utilizzati, alla messa al bando di gas tossici, ai problemi di resistenza ai principi attivi, fenomeno vieppiù frequente anche nel nostro Paese, in conseguenza, tra l’altro, dell’arrivo sul territorio nazionale di “ceppi” di insetti ben noti, ma ripetutamente trattati in altri ambienti. Giova inoltre ricordare la possibile introduzione accidentale di ulteriori organismi infestanti. È stato da poco tempo accertato l’insediarsi di *Prostephanus truncatus* (G.H. Horn) e ancor più recentemente di *Sinoxylon undentatum* (Fabricius) (SAVOLDELLI & REGALIN, 2009).

La sempre più accentuata sensibilità del consumatore a non ritrovare nei cibi organismi estranei, o addirittura loro frammenti, costringe i produttori ad attuare drastiche tecniche di difesa, il che può determinare rischi di contaminazione da residui di antiparassitari.

È quindi opportuno che si affronti il problema in modo altamente scientifico, stabilendo tra l’altro “soglie di tolleranza”, relative alle impurità solide, ai corpi estranei; si tratterebbe di limiti che, seppur ristretti, certamente potrebbero favorire lo sviluppo di tecniche di difesa antiparassitaria integrata.

Sarà indispensabile approfondire le conoscenze sulle possibilità di lotta biologica, mediante utilizzo di organismi ausiliari, così come impiegando mezzi fisici (microonde, radiazioni infrarosse, ozono, atmo-

sfele controllate), oppure attuando tecniche attrattive, o metodi di lotta confusionale, o di disorientamento.

Un ulteriore settore di indagine dovrà riguardare la resistenza degli imballaggi agli attacchi di insetti: come si è già accennato, è un problema annoso e niente affatto risolto. L’utilizzo di nuovi film plastici, eventualmente “attivati” con sostanze repellenti o fago-inibenti, sia di origine naturale che di sintesi, è un argomento che inizia ad essere preso in considerazione in questi ultimi tempi, ma che certamente dovrà essere affrontato in modo approfondito nei prossimi anni.

Infine, sarà indispensabile valutare, anche nei riguardi di insetti infestanti le derrate e gli ambienti di magazzino o di produzioni alimentari, la potenziale efficacia di principi attivi di recente o proposta introduzione.

RIASSUNTO

Vengono brevemente considerati gli aspetti storici della difesa delle derrate dagli insetti infestanti. L’Entomologia merceologica nacque come disciplina scientifica con qualche ritardo rispetto ad altre specializzazioni di Entomologia applicata.

I primi importanti contributi sulla biologia di insetti infestanti le derrate sono stati quelli di Giuseppe Salvatore Candura che iniziò la sua attività a Portici sotto la guida di Filippo Silvestri. Dopo un primo lavoro del 1926 su *Sitotroga cerealella*, Candura pubblicò numerosi lavori sui tempi di sviluppo delle diverse specie e su molti altri particolari del ciclo biologico, che rappresentano ancora importanti riferimenti.

Nel secondo dopoguerra il settore è caratterizzato dal contributo di Gino Dal Monte che tra il 1950 e il 1990 diede alle stampe numerose pubblicazioni scientifiche e note divulgative.

All’Entomologia merceologica venne riservata particolare attenzione presso l’Università di Milano dove operava il prof. Minos Martelli e un piccolo nucleo di Entomologi fra cui il prof. Giorgio Domenichini.

A Milano ebbe anche avvio la didattica universitaria con l’attivazione nell’anno accademico 1973/74 dell’insegnamento di “Parassitologia animale e difesa degli alimenti” nel Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari. Da allora molte altre Sedi hanno attivato insegnamenti con analoghi contenuti.

Viene poi considerata l’attività di Giorgio Domenichini che intensificò il suo impegno nell’Entomologia merceologica con il trasferimento a Piacenza.

La rassegna prosegue trattando l’attività degli entomologi italiani nell’ambito dei Gruppi di lavoro internazionali e le principali opere di Entomologia merceologica pubblicate in Italia.

A conclusione sono brevemente esaminate le principali tematiche di studio in atto nelle Università italiane e le prospettive di ricerca.

BIBLIOGRAFIA

BALDACCINI N.E., 1989 – *Valutazione della consistenza e possibilità di controllo in popolazioni urbane di uccelli*. - Atti 4° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie ali-

- mentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 23-25 settembre 1987: 603-612.
- BALDACCINI N.E., 1993 – *Aspetti dell'ecologia e del comportamento di uccelli periurbani come base per il loro controllo*. - Atti del 5° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 23-25 settembre 1992: 229-235.
- BERLESE A., 1909 – *Gli insetti: loro organizzazione, sviluppo, abitudini e rapporti coll'uomo*. Società Editrice Libreria, Milano vol. I, 490 pp.
- BERLESE A., 1917 – *Insetti delle Case e dell'Uomo e malattie che diffondono*. Hoepli, Milano, 293 pp.
- CANDURA G. S., 1926 – *Contributo alla conoscenza della vera tignola del grano (Sitotroga cerealella Oliv.)*. - Boll. Lab. Zool. gen. agr. R. Scuola sup. Agric. Portici, XIX: 19-102.
- CANDURA G.S., 1932 – *Studi e ricerche sugli insetti viventi nelle paste alimentari*. Contributi 1-14. - Boll. Soc. Naturalisti Napoli, 44: 159-204.
- CANDURA G.S., 1938 – *Studi sugli insetti dannosi ai semi e ai viveri nella Venezia Tridentina. I. Comportamento biologico della Plodia interpunctella Hb.* - Studi Trent. Sci. Nat., XVIII (3) (1937): 1-59 (estratto).
- CANDURA G.S., 1939 – *Entomologia merceologica, risultati di studi e ricerche, osservazioni e fondamenti*. - Riv. Fis. Mat. Sci. Nat., ser. II, 13 (5): 225-243.
- CANDURA G.S., 1954 – *Gli insetti delle derrate come materiale per ricerche biologiche*. Contributi 1-14. Symposia Genetica, vol. II “Genetica ed Entomologia, Tipografia del Libro, Pavia, 138 pp.
- CRAVEDI P. (a cura di), 1998 – Atti del 6° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 24-26 settembre 1997. Chiriotti Ed., Pinerolo, XVI - 679 pp.
- CRAVEDI P. (a cura di), 2003 – Atti del 7° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 settembre 2002, Chiriotti Ed., Pinerolo, XVI - 503 pp.
- CRAVEDI P. (a cura di), 2008a – Atti dell'8° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 26-28 settembre 2007, Chiriotti Ed., Pinerolo, XII - 370 pp.
- CRAVEDI P., 2008b – *Problematiche di protezione degli alimenti da infestanti*. - Atti dell'8° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 26-28 settembre 2007, Chiriotti Ed., Pinerolo: 3-8.
- DAL MONTE G., 1954 – *Un nuovo nemico nei nostri magazzini?* - Molini d'Italia, 1953 (3): 109-111.
- DAL MONTE G., 1956 – *La presenza di insetti dei granai in frumento trovato negli scavi di Ercolano*. - Redia, XLI: 25-28.
- DAL MONTE G., 1957 – *Introduzione all'uso dei raggi X per l'esame dei cereali in granella*. - Molini d'Italia, 1957 (5): 235-239.
- DAL MONTE G., 1964 – *Metodo per “liberare” le uova di punteruoli*. - Molini d'Italia, 1964 (5): 173-175.
- DAL MONTE G., 1966 – *Introduzione allo studio del problema: insetti e film plastici da imballo*. - Molini d'Italia, 1966 (12): 456-459.
- DAL MONTE G., 1985 – *La difesa delle paste alimentari dagli insetti*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Roma, 67 pp.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1972a – Atti del 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 18-20 ottobre 1972. Tip. Edit. Piacentina Gallarati, Piacenza, 460 pp.
- DOMENICHINI G., 1972b – *La scienza e le applicazioni tecnologiche per la difesa antiparassitaria degli alimenti*. - Atti del 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 73-88.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1979 - Atti del 2° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 28-30 settembre 1977. Tip.Le.Co., Piacenza, 588 pp.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1984 - Atti del 3° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 22-24 settembre 1982. Tipolitografia TEP, Piacenza, 647 pp.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1989 - Atti del 4° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 23-25 settembre 1987. Tipolitografia TEP, Piacenza, 700 pp.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1993 - Atti del 5° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 23-25 settembre 1992. Chiriotti Ed., Pinerolo, 630 pp.
- DOMENICHINI G. (a cura di), 1997 – *Atlante delle impurità solide negli alimenti. Manuale per il riconoscimento dei materiali estranei*. - Chiriotti Editori, Pinerolo, XVI - 390 pp.
- DOMENICHINI G., 2003 – *L'assicurazione qualità e i suoi nuovi compiti nella produzione alimentare*. - Atti 7° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 18-20 settembre 2002, Chiriotti Ed., Pinerolo: 3-8.
- FRILLI F., 1979 – *Impurità nel miele e negli alimenti che lo contengono: risultati di filth-test*. - Atti 2° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 28-30 settembre 1977: 479-487.
- FRILLI F., DALLA TORRE G., 1972 – *Progettazione delle Industrie alimentari e prevenzione antiparassitaria*. - Atti 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 321-333.
- FRILLI F., GIUMANINI A.G., CHENI L.C., 1984 – *Recenti acquisizioni e prospettive per le analisi dei mieli*. - Atti 3° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 22-24 settembre 1982: 333-351.
- GELOSI A., SÜSS L., 1991 - *Insetti e acari dei cereali in magazzino*. Edagricole, 120 pp.
- GRANDORI R., GRANDORI L., CARÈ E., DOMENICHINI G., 1948 – *Potere insetticida e insettifugo di alcune bentoniti italiane*. - Boll. Zool. agr. Bachic., 15 (1): 3-11.
- LEVINSON H., LEVINSON A., 1997 – *La protezione del grano immagazzinato nell'antichità*. - Atti del 6° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza, 24-26 settembre 1997: 31-43.
- NUZZOLILLO L., ANGELILLO B., RENGA G., 1972 – *Effetti nocivi delle infestazioni parassitarie negli alimenti*. - Atti del 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 61-71.
- PAGANI M., SAVOLDELLI S., SCHIAPARELLI A., 2010 – *Manuale pratico per il monitoraggio e riconoscimento degli insetti infestanti le industrie alimentari. Thysanura, Blattaria, Dermaptera, Psocoptera, Lepidoptera*. Volume 1. A.N.I.D., Edizioni Sinergitech Soc. Coop., 130 pp.
- PAGANI M., SAVOLDELLI S., SCHIAPARELLI A., 2011 – *Manuale pratico per il monitoraggio e riconoscimento degli insetti infestanti le industrie alimentari. Diptera, Coleoptera, Hymenoptera. Cenni sugli acari delle derrate*. Volume 2. A.N.I.D., Edizioni Sinergitech Soc. Coop., 150 pp.

- ROTA P., 1972 – *Gli acari infestanti i formaggi e i salumi in stagionatura*. - Atti 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 201-215.
- SACCÀ G., STELLA E., 1972 – *La fauna infestante le derrate: problemi pratici e giuridici*. - Atti del 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 122-132.
- SANTINI L., 1972 – *Biologia e comportamento dei mammiferi roditori nocivi in Italia alle sostanze alimentari conservate*. - Atti 1° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20 ottobre 1972: 415-437.
- SANTINI L., 1989 – *Problemi relativi alla presenza del biacco (Coluber viridiflavus Lacépède) nell'ambiente antropico industriale*. - Atti del 4° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 23-25 settembre 1987: 631-640.
- SAVOLDELLI S., REGALIN R., 2009 – *Infestation of wood-pallets by Sinoxylon unidentatum (Fabricius) (Coleoptera Bostrichidae) in Italy*. - Boll. Zool. agr. Bachic., 41 (3): 234-238.
- SÜSS L., 1988 – *Gli infestanti delle derrate conservate e delle industrie alimentari*. MoEdCo Edizioni, Milano, 304 pp.
- SÜSS L., 1990 – *Gli intrusi. Manuale di entomologia urbana*. Edagricole, Bologna, X – 226 pp.
- SÜSS L., 2004 – *Gli intrusi. Manuale di entomologia urbana*. L'Informatore Agrario, 179 pp.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., 2001 – *I parassiti delle derrate*. Calderini Edagricole, Bologna, 363 pp.
- SÜSS L., PEZZATO G., 2002 – *Prevenzione delle infestazioni nelle industrie alimentari*. Chiriotti Ed., Pinerolo, 128 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., 2003 – *Entomologia applicata*. Liguori Editore, vol. I, 169 pp.
- ZAVA B., DI BELLA C., 1993 – *I Chiroterteri antropofili: etologia e rapporti con l'ambiente umano*. - Atti 5° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”, Piacenza 23-25 settembre 1992: 237-246.

RIFLESSIONI SUI FEROMONI DEGLI INSETTI INFESTANTI LE DERRATE ALIMENTARI

PASQUALE TREMATERRA (*)

(*) Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente - Università degli Studi del Molise - Via De Sanctis, I-86100 Campobasso; trema@unimol.it

Lettura tenuta durante la Tavola rotonda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011

Reflection on pheromones of insects infesting stored products

Crucial factors for Integrated Pest Management (IPM) in stored-products include understanding factors that regulate systems, monitoring insect populations, maintaining good records and using this information to make sound management decisions. In recent years, considerable progress has been made in the monitoring and control of stored-product insects, Lepidoptera and Coleoptera, by pheromones also used in mass-trapping, attracticide (lure and kill) and mating-disruption methods. In stored-product IPM different tolerance thresholds should be established for the various pests depending on their economic impact and on the chain place where they are found. In that context "insectistasis" can be readily achieved by continual supervision of environments by traps in combination with a limited number of preventive and curative measures appropriately timed.

KEY WORDS: Pheromones, stored products, insects.

INTRODUZIONE

L'Integrated Pest Management (IPM) enfatizza la sinergia di più discipline e misure di intervento - tra l'altro l'aggiornamento culturale, le operazioni di sanitation, la manipolazione delle temperature, il controllo biologico e l'uso di sostanze biocide - in una gestione globale indirizzata alla prevenzione dei danni da parassiti, prima del raggiungimento delle soglie economiche. I punti salienti, nell'applicazione dei concetti previsti dall'IPM, comprendono i fattori che regolano i sistemi coinvolti, il monitoraggio delle popolazioni dannose, la disponibilità di dati storici e l'ausilio di tali conoscenze per l'adozione di opportune misure di gestione delle infestazioni.

Lo sviluppo e l'attuazione di programmi di IPM sono stati presi in considerazione e realizzati sia nella salvaguardia di prodotti grezzi sia per quelli trasformati (HAGSTRUM e FLINN, 1996). Ma nel futuro il settore agro-alimentare dovrà applicare estesamente tali programmi, per soddisfare le maggiori richieste dei consumatori e delle loro associazioni, sempre più interessati alla sicurezza degli alimenti, riducendo l'uso degli antiparassitari e i rischi connessi al loro impiego.

In tale contesto sono stati realizzati notevoli progressi anche nell'applicazione dei feromoni, come pure di altri semiochimici, per il monitoraggio e la lotta agli insetti legati alle derrate e ai prodotti alimentari in via di trasformazione o già trasformati

(tramite la cattura massiva, il metodo attratticida e la confusione sessuale) (BURKHOLDER e MA, 1985; BURKHOLDER, 1990; PHILLIPS, 1997; TREMATERRA, 1997 e 2002; PLARRE, 1998; PHILLIPS *et al.*, 2000; COX, 2004; ANDERBRANT *et al.*, 2007; TREMATERRA *et al.*, 2011).

Al riguardo di seguito si riportano delle annotazioni sui principali risultati ottenuti in ambito internazionale nel monitoraggio e nel controllo diretto delle infestazioni da insetti tramite l'uso dei feromoni sintetici, inoltre vengono analizzati alcuni aspetti critici che, nella pratica operativa, ancora si riscontrano nell'applicazione di tali sostanze.

MONITORAGGIO E LOTTA

Monitoraggio

Nella gestione integrata degli insetti dannosi alle derrate e nelle industrie alimentari le trappole a feromoni possono essere impiegate per rilevare sia la presenza sia la densità di eventuali parassiti. Esse risultano utili anche nella definizione di aree e di settori infestati, in particolar modo quando il ciclo biologico della specie dannosa è poco noto (Tabella 1).

Generalmente, tali trappole sono molto efficaci quando la presenza di insetti è contenuta, tanto da poter essere impiegate anche dal punto di vista qualitativo per fornire indicazioni immediate circa l'incidenza dei danni. Il loro corretto impiego consente

Tabella 1 – Principali Lepidotteri e Coleotteri infestanti le derrate alimentari per i quali i feromoni sono stati identificati e vengono commercializzati.

Maschio (M); Femmina (F); Feromone sessuale (S); Feromone di aggregazione (A).

Specie	Sesso produttore	Tipo di feromone	Reperibilità commerciale
Lepidotteri			
<i>Corcyra cephalonica</i>	M	S	Si
<i>Galleria mellonella</i>	M	S	Si
<i>Ephestia cautella</i>	F	S	Si
<i>Ephestia elutella</i>	F	S	Si
<i>Ephestia figulilella</i>	F	S	Si
<i>Ephestia kuehniella</i>	F	S	Si
<i>Plodia interpunctella</i>	F	S	Si
<i>Sitotroga cerealella</i>	F	S	Si
<i>Tineola bisselliella</i>	F	S	Si
<i>Tineola pellionella</i>	F	S	Si
<i>Nemapogon granellus</i>	F	S	Si
Coleotteri			
<i>Anthrenus flavipes</i>	F	S	Si
<i>Anthrenus verbasci</i>	F	S	Si
<i>Attagenus unicolor</i>	F	S	Si
<i>Dermestes maculatus</i>	M	A	Si
<i>Trogoderma glabrum</i>	F	A - S	Si
<i>Trogoderma granarium</i>	F	A - S	Si
<i>Trogoderma inclusum</i>	F	A - S	Si
<i>Trogoderma variabile</i>	F	A - S	Si
<i>Lasioderma serricome</i>	F	S	Si
<i>Stegobium paniceum</i>	F	S	Si
<i>Prostephanus truncatus</i>	M	A	Si
<i>Rhyzopertha dominica</i>	M	A	Si
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	M	A	No
<i>Cryptolestes pusillus</i>	M	A	No
<i>Cryptolestes turcicus</i>	M	A	No
<i>Oryzaephilus mercator</i>	M	A	Si - No
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	M	A	Si - No
<i>Tribolium castaneum</i>	M	A	Si
<i>Tribolium confusum</i>	M	A	Si
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	M	S	No
<i>Callosobruchus chinensis</i>	F	S	No
<i>Sitophilus granarius</i>	M	A	Si
<i>Sitophilus orizae</i>	M	A	Si
<i>Sitophilus zeamais</i>	M	A	Si

di razionalizzare le procedure di lotta, e in particolare l'uso degli insetticidi, attraverso interventi mirati e limitati soltanto ai casi strettamente necessari.

Per catturare gli individui attirati dal feromone i congegni in commercio risultano generalmente munite di superfici collanti oppure hanno conformazione a nassa, in grado di prevenire la fuga degli esemplari finiti al loro interno (LEVINSON e BUCHELOS, 1981; BURKHOLDER, 1990; MULLEN, 1992; PHILLIPS, 1997; PLARRE, 1998).

La conformazione delle trappole per alla cattura di lepidotteri (*Ephestia* spp., *Plodia*, *Sitotroga*, *Tineola*, ecc.) e di coleotteri (*Cryptolestes* spp., *Lasioderma*, *Oryzaephilus* spp., *Prostephanus*, *Rhyzopertha*, *Sitophilus* spp., *Stegobium*, *Tribolium* spp., *Trogoderma*, ecc.) infestanti i prodotti alimentari è stata sviluppata, di solito, su base empirica (Barak *et al.*, 1990) e le loro prestazioni risentono ancora di tale fattore (Figura 1).

Diversi elementi, noti per l'importanza che rivestono nell'influenzare le catture delle trappole a feromoni, da tenere in giusta considerazione nel corso dell'impianto, della messa a punto e nell'esecuzione delle attività di monitoraggio, sono stati riportati e affrontati nel tempo nei lavori di vari autori (CUPERUS *et al.*, 1990; WRIGHT e COGAN, 1995; MANKIN *et al.*, 1999; HUGGETT *et al.*, 2010). Mentre le raccomandazioni essenziali cui attenersi nella distribuzione delle postazioni, per realizzare un'efficiente rete di monitoraggio, presupposto di una prova sperimentale con rilievi ad intervalli regolari, si possono rintracciare in un contributo di Subramanyam e Hagstrum (1996).

Nel futuro, l'ottimizzazione di trappole e di dispenser feromonici potrà consentire la realizzazione di nuove strategie, su base informatica, utili ad una migliore organizzazione e interpretazione dei dati di cattura, capaci di fornire informazioni immediate e puntuali sulla entità degli attacchi e sui rischi connessi (WILEYTO *et al.*, 1994; LONGSTAFF, 1997; CAMPBELL, 2007; BURKS *et al.*, 2010).

Cattura massiva

Come è noto, nel caso dei feromoni sessuali prodotti dalla femmina di una certa specie soltanto i maschi consimili vengono attirati, quindi ogni tentativo di sopprimere la popolazione infestante con il solo intrappolamento richiede una quantità sufficiente di catture, in modo da evitare l'accoppiamento in quasi tutti gli esemplari presenti nell'ambiente circostante.

In questo caso, le considerazioni teoriche circa la cattura massiva (o mass-trapping) prendono in esame anche il numero potenziale di accoppiamenti che ogni maschio può realizzare nel corso della propria vita. Ad esempio se un individuo è in grado di accoppiarsi con 6-10 femmine - come si verifica in *Plodia interpunctella*, oltre il 90% della popolazione presente in un determinato ambiente dovrà essere catturata per influire sulla generazione larvale successiva della specie (SOWER *et al.*, 1975; JONES, 1998).

In presenza di una infestazione abbondante le possibilità di incontro tra esemplari dei due sessi sono piuttosto frequenti e il mass-trapping risulta difficile da attuare; al contrario in situazioni più contenute i maschi hanno minore possibilità di trovare le femmine e la cattura massiva può risultare, in teoria, più incisiva e ridurre la popolazione a livelli biologici poco significativi.

Esperimenti adeguati di mass-trapping non sono facili da condurre a causa di una loro scarsa possibilità di replicazione, tuttavia vari studi hanno portato risultati di successo nei confronti di: *Ephestia cautella* negli Stati Uniti d'America e in Italia; *P. interpunctella* in un magazzino di stoccaggio per



Figura 1

Dispenser feromonici e trappole utilizzati nella lotta agli insetti infestanti le derrate alimentari.

semi di vegetali e fiori in Francia; *Ephestia kuehniella* in alcuni mulini italiani; *Lasioderma serricome* e *P. interpunctella* in due depositi alimentari all'ingrosso nelle Hawaii; *L. serricome* in magazzini di tabacco in Grecia, in un panificio delle Hawaii e in un tabacchificio in Portogallo (FLEURAT-LESSARD *et al.*, 1986; BUCHELOS e LEVINSON, 1993; TREMATERRA, 1990 e 1994; SÜSS *et al.*, 1996; PIERCE, 1994 e 1998; PHILLIPS *et al.*, 2000; CARVALHO e MEXIA, 2002; CAMPOS-

FIGUEROA, 2008; SÜSS e SAVOLDELLI, 2009; PEASE *et al.*, 2010; TREMATERRA e GENTILE, 2010).

La possibilità di intrappolare massivamente individui appartenenti ai due sessi di una stessa specie avrebbe certamente maggiore efficacia di lotta rispetto alla cattura dei soli maschi; in tal senso molto utili potrebbero rivelarsi i feromoni di aggregazione, noti per vari coleotteri infestanti i prodotti destinati all'alimentazione dell'uomo o degli animali domestici.

Oppure altrettanto efficace potrebbe essere l'impiego di trappole a feromone addizionate di sostanze alimentari. Pochi sono stati però, per intanto, gli studi intrapresi al riguardo.

Aspetti critici nell'applicazione della cattura massiva sono ad esempio la possibile inefficienza delle trappole, la loro saturazione in situazioni di elevate popolazioni infestanti, la scarsa efficacia dei feromoni sintetici, un inappropriato posizionamento delle trappole, i costi di intervento troppo elevati, l'immigrazione di esemplari da ambienti limitrofi a quelli in cui si attua il mass-trapping (CAMPBELL, 2007; TREMATERRA e GENTILE, 2010).

Metodo attratticida

Il concetto su cui si basa l'attività del metodo attratticida (detto anche lure and kill o attract and kill) coinvolge, allo stesso momento, un feromone e un biocida, abbinati su una superficie limitata. In questo caso l'insetto target, seguendo il richiamo della fonte attrattiva finisce per poggiarsi sulla superficie cosparsa di insetticida, oppure di un altro biocida (ad esempio un patogeno), che ne causa la morte con effetto abbattente o per contaminazione irreversibile.

In alcune situazioni l'efficacia di tale metodo si può estendere anche alle femmine, per contagio successivo, a seguito della diffusione del biocida da parte dei maschi durante il corteggiamento o l'accoppiamento. Nel caso di impiego di una fonte attrattiva aspecifica l'effetto potrebbe essere ulteriormente ampliato alle specie vicine, in grado di rispondere alla stessa base di richiamo.

Questo sistema di lotta fornisce risultati abbastanza simili alla cattura massiva.

Con il metodo attratticida (feromone+insetticida) sono stati ottenuti risultati promettenti soprattutto in Italia, sia all'interno di mulini, nel controllo di *E. kuehniella* (TREMATERRA e CAPIZZI, 1991; TREMATERRA, 1995) sia in reparti di industrie alimentari, per il contenimento di *E. cautella* (Süss *et al.*, 1999). Tale tecnica ha generalmente portato ad una riduzione drastica dei trattamenti chimici con vantaggi qualitativi ed economici degni di nota (TREMATERRA, 1997 e 2002).

Risultati interessanti si sono ottenuti anche contro *L. serricornis* nelle Hawaii (PIERCE, 1994); mentre osservazioni preliminari realizzate in laboratorio e in ambienti simulati nella lotta a *P. interpunctella* sono state riportate negli Stati Uniti d'America da NANSEN e PHILLIPS (2003 e 2004) e da CAMPOS-FIGUEROA (2008).

In altri sistemi attratticidi sono stati utilizzati i feromoni abbinati a dispositivi di inoculazione di organismi entomopatogeni: un protozoo del genere *Mattesia* nel controllo di *Trogodenna glabrum*; un

virus della granulosa contro *P. interpunctella* (BURKHOLDER e BOUSH, 1974; SHAPAS *et al.*, 1977; VAIL *et al.*, 1993). Più recentemente test di laboratorio hanno accertato l'efficacia di *Beauveria bassiana* nel controllo di *Prostephanus truncatus* (SMITH *et al.*, 1999; WAKEFIELD *et al.*, 2010).

Confusione sessuale

In generale il meccanismo con cui in un insetto può essere ottenuta la confusione sessuale (o mating-disruption) è uno, o una combinazione, dei seguenti:

- esposizione ad un livello elevato di feromone sintetico, tanto da arrivare all'adattamento dei recettori antennali;
- esposizione a un livello sufficientemente alto di feromone sintetico, in grado di mascherare i richiami naturali dei consimili;
- applicazione di numerose fonti di emissione di feromone sintetico, in modo da distogliere la ricerca dei consimili.

Al riguardo esperimenti con risultati positivi sono stati condotti nei confronti di *E. cautella* e di *P. interpunctella*, sia in situazioni di laboratorio sia in simulazioni operative, come pure applicazioni pratiche interessanti sono state realizzate su *E. cautella* ed *E. kuehniella* all'interno di mulini e di industrie alimentari (BRADY e DALEY, 1975; TREMATERRA e CAPIZZI, 1987; PREVET *et al.*, 1989; SÜSS *et al.*, 1999; RYNE *et al.*, 2001, 2006 e 2007; SIEMINSKA *et al.*, 2009; MUELLER, 2010; SAVOLDELLI e SÜSS, 2009 e 2010; BURKS *et al.*, 2011; TREMATERRA *et al.*, 2011).

Attività di confusione sessuale si sono accertate pure in *Attagenus megatoma* e in *Trogoderma inclusum* (LEVINSON e LEVINSON, 1995).

Anche se non ancora utilizzati nella pratica operativa, composti inibitori dell'accoppiamento, di particolare efficacia e interesse, sono noti in *L. serricornis* e in *S. paniceum* (LEVINSON e LEVINSON, 1987).

Le possibilità applicative e i limiti della confusione sessuale sono simili a quanto riportato per la cattura massiva.

Il mating-disruption è un metodo di controllo potenzialmente efficace contro vari insetti infedati alle derrate e ai prodotti alimentari ma richiede ulteriori studi e considerazioni; un maggior numero di osservazioni sono, infatti, necessarie per diminuire la quantità di feromoni da impiegare, in modo da ridurre il rischio di loro residui ambientali e negli alimenti finiti. Inoltre, è da verificare la possibilità che sotto la pressione di tali composti gli insetti migrino abbandonando gli ambienti trattati, oppure che nel tempo possano in qualche modo modificare la loro chiave di comunicazione chimica. Risultano ancora da ottimizzare i costi di sintesi delle sostanze feromoniche, come pure sono da verificare e met-

tere a punto le loro formulazioni (SOWER e WHITMER, 1977; HODGES *et al.*, 1984; LEVINSON e LEVINSON, 1987; MAFRA-NETO e BAKER, 1996; SHANI e CLEARWATER, 2001; FADAMIRO e BAKER, 2002).

Per il controllo degli insetti dannosi, nella pratica operativa il metodo della confusione sessuale può essere applicato solo a seguito della registrazione dei formulati da parte delle autorità competenti (EU, 1991; EPA, 2006).

PROSPETTIVE FUTURE

L'utilizzo appropriato dei feromoni, o di altri semiochimici, può condurre ad una riduzione drastica dei trattamenti insetticidi con conseguenti vantaggi qualitativi ed economici, proteggendo sia gli alimenti da indesiderati residui chimici sia la salute degli operatori e dei consumatori.

In tale contesto la "insectistasis" (LEVINSON e LEVINSON, 1985) può essere raggiunta tramite una supervisione continua degli ambienti di stoccaggio e di lavorazione, per mezzo di trappole (soprattutto a feromoni), congiuntamente all'adozione di un numero limitato di misure curative opportunamente decise caso per caso.

Nella protezione delle derrate e dei prodotti alimentari derivati devono, però, ancora essere individuate le soglie di tolleranza delle diverse specie infestanti, in accordo con il loro impatto nelle varie fasi della filiera produttiva in cui ci si trova ad operare. Infatti, se un numero limitato di esemplari viene, a volte, tollerato nel comparto di immagazzinamento delle materie prime, nelle fasi successive di trasformazione e produzione degli alimenti, come pure nel reparto di confezionamento e stoccaggio dei prodotti finiti, la soglia di presenza deve essere necessariamente prossima a zero.

Negli ultimi anni, per il monitoraggio degli insetti nocivi alle derrate e ai prodotti alimentari derivati, sono state realizzate nuove apparecchiature utili alla stima delle popolazioni, alla gestione degli insetticidi e dei fumiganti usati per il loro controllo, così come di altri metodi di lotta, eventualmente impiegati, quale ad esempio la manipolazione delle temperature. Tali tecnologie comprendono oltre alle trappole, anche vari altri congegni per effettuare campionamenti, metodi acustici e analisi chimiche che rivelano la presenza di insetti vivi o morti attraverso reazioni enzimatiche, ecc. Un ulteriore miglioramento dell'IPM deriva dallo sviluppo e messa a punto di alcuni sistemi decisionali su base informatica che sono in grado di valutare l'evolversi di una popolazione infestante e la conseguente distribuzione spaziale dei suoi individui, in funzione dei principali parametri ambientali (ARBOGAST *et al.*,

1998; SHUMANN e EPSKY, 1998; ARBOGAST e MANKIN, 1999; DOUD e PHILLIPS, 2000; PHILLIPS *et al.*, 2000; TREMATERRA e SCJARRETTA, 2002 e 2005; Nansen *et al.*, 2003; CAMPBELL e MULLEN, 2004; TREMATERRA *et al.*, 2004 e 2007; ATHANASSIOU *et al.*, 2005 e 2011).

RIASSUNTO

In ambito internazionale sono stati realizzati notevoli progressi nel monitoraggio e nel controllo diretto di numerose specie dannose - appartenenti soprattutto a Lepidotteri e Coleotteri - tramite l'impiego dei feromoni in metodi di cattura massiva, lotta attratticida, confusione sessuale. Nella protezione delle derrate e dei prodotti alimentari derivati devono però ancora essere individuate le soglie di tolleranza dei diversi insetti, in accordo con il loro impatto nelle varie fasi della filiera produttiva in cui ci si trova ad operare. In proposito, i concetti richiamati nella "insectistasis" possono essere adottati tramite una continua supervisione dei locali e dei macchinari, realizzata mediante trappole, abbinati a un numero limitato di interventi biocidi, effettuati solo nei casi ritenuti strettamente necessari.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERBRANT O., RYNE C., OLSSON P.-O.C., JIRLE E., JOHNSON K., LÖFSTEDT C., 2007 - *Pheromones and kairomones for detection and control of indoor pyralid moths*. - IOBC/wprs Bulletin, 30: 73-77.
- ARBOGAST R.T., MANKIN R.W., 1999 - *Utility of spatial analysis in management of storage pests*. - Proc. 7th Int. Working Conf. Stored-Product Prot., Beijing: 1519-1527.
- ARBOGAST R.T., WEAVER D.K., KENDRA P.E., BRENNER R.J., 1998 - *Implications of spatial distribution of insect populations in storage ecosystems*. - Environ. Entomol., 27: 202-216.
- ATHANASSIOU C.G., KAVALLIERATOS N.G., PALYVOS N.E., SCJARRETTA A., TREMATERRA P., 2005 - *Spatiotemporal distribution of insects and mites in horizontally stored wheat*. - J. Econ. Entomol., 98 (3): 1058-1069.
- ATHANASSIOU C.G., KAVALLIERATOS N.G., PALYVOS N.E., SCJARRETTA A., TREMATERRA P., 2011 - *Associations of insects and mites in stored wheat*. - J. Econ. Entomol., 104: 1752-1764.
- BARAK A.V., BURKHOLDER W.E., FAUSTINI D.L., 1990 - *Factors affecting the design of traps for stored-product insects*. - J. Kansas Ent. Soc., 63: 466-485.
- BRADY U.E., DALEY R.C., 1975 - *Mating activity of Cadra cautella during exposure to synthetic sex pheromone and related compounds in the laboratory*. - Environ. Entomol., 4: 445-447.
- BUCHELOS C.T.H., LEVINSON A.R., 1993 - *Efficacy of multisurface traps and Lasiotraps with and without pheromone addition, for monitoring and mass-trapping of Lasioderma serricorne F. (Col., Anobiidae) in insecticide-free tobacco stores*. - J. Appl. Entomol., 116: 404-448.
- BURKHOLDER W.E., 1990 - *Practical use of pheromones and other attractants for stored-product insects*. In: Ridgway R.L., Silverstein R.M., Inscoc M.N. (Eds.), Behavior-modifying Chemical for Insect Management. - Marcel Dekker, New York: 497-516.
- BURKHOLDER W., BOUSH G., 1974 - *Pheromones in stored product insect trapping and pathogen dissemination*. - EPPO Bulletin, 4: 455-461.
- BURKHOLDER W.E., MA M., 1985 - *Pheromones for*

- monitoring and control of stored-product insects. - Annu. Rev. Entomol., 30: 257-272.
- BURKS C.S., BRANDL D.G., KUENEN L.P.S., REYES C.C., FISHER J.M., 2010 - *Pheromone traps for monitoring Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in the presence of mating disruption*. - Proc. 10th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Estoril: 79-84.
- BURKS C.S., McLAUGHLIN J.R., MMILLER J.R., BRANDL D.G., 2011 - *Mating disruption for control of Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) in dried beans*. J. Stored Prod. Res. 47: 216-221.
- CAMPBELL J.F., 2007 - *Interpretation of pheromone monitoring programs for stored-product insects*. - IOBC/wprs Bull., 30: 57-62.
- CAMPBELL J.F., MULLEN M.A., 2004 - *Distribution and dispersal behavior of Trogoderma variable Ballion and Plodia interpunctella (Hübner) outside a food processing plant*. - J. Econ. Entomol., 97: 1455-1464.
- CAMPOS-FIGUEROA M., 2008 - *Attract-and-kill methods for control of Indianmeal moth, Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), and comparisons with other pheromone-based control methods*. - PhD thesis. Oklahoma State Univ.: 1-114.
- CARVALHO M.O., MEXIA A., 2002 - *The use of pheromone traps for mass-trapping of Lasioderma serricorne in a cigarette factory in Portugal*. - 8th Int. Working Conf. Stored-product Prot., York: 222-229.
- COX P.D., 2004 - *Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation*. - J. Stored Prod. Res., 40: 1-25.
- CUPERUS G.W., FARGO W.S., FLINN P.W., HAGSTRUM D.W., 1990 - *Variables affecting capture of stored-grain insects in probe traps*. - J. Kansas Ent. Soc., 63: 486-489.
- DOUD C.W., PHILLIPS T.W., 2000 - *Activity of Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae) in and around flour mills*. - J. Econ. Entomol., 93: 1842-1847.
- EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 2006 - *Lepidopteran pheromones: exemption from a requirement of a tolerance*. - Fed. Regist., 71: 45395-45400.
- EU (European Union), 1991 - *Attractants, repellents and masking agents, including plant extracts and pheromones and other semiochemicals*. - Directive 91/414/EEC.
- FADAMIRO H.Y., BAKER T.C., 2002 - *Pheromone puffs suppress mating by Plodia interpunctella and Sitotroga cerealella in an infested corn store*. - Entomol. Exp. Appl., 102: 239-251.
- FLEURAT-LESSARD F., PIMAUD M.F., CANGARDEL H., 1986 - *Effects de doses elevees de Zeta sur Plodia interpunctella Huebner (Lépidoptère: Pyralidae) dans le stocks de pruneaux d'angen*. In: *Les Pheromones Sexuelles des Lépidoptère*. - Centre de recherches INRA de Bordeaux: 163-169.
- HAGSTRUM D.W., FLINN P.W., 1996 - *Integrated Pest Management*. In: Subramanyam B., Hagstrum D.W. (Eds.), *Integrated management of insects in stored products*. - Marcel Dekker, New York: 399-408.
- HODGES R.J., BENTON F.P., HALL D.R., DOS SANTOS SERODIO R., 1984 - *Control of Ephestia cautella (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) by synthetic sex pheromone in the laboratory and store*. - J. Stored Prod. Res., 20: 191-197.
- HUGGETT N.J., STORM C.G., SMITH M.J., 2010 - *Behavioural effects of pheromone-based control system, ExosexTM SPTab, on male Indianmeal moth, Plodia interpunctella*. - Proc. 10th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Estoril: 119-124.
- JONES O.T., 1998 - *The commercial exploitation of pheromones and other semiochemicals*. - Pest. Sci., 54: 293-296.
- LEVINSON H.Z., BUCHELOS C.T., 1981 - *Surveillance of storage moth species (Pyralidae, Gelechiidae) in a flour mill by adhesive traps with notes on the pheromone-mediated flight behaviour of male moths*. - Z. Angew. Entomol., 92: 233-251.
- LEVINSON H.Z., LEVINSON A., 1985 - *Use of pheromone traps for the proper timing of fumigation in the storage environment*. - EPPO Bulletin, 15: 43-50.
- LEVINSON H.Z., LEVINSON A., 1987 - *Pheromone biology of the tobacco beetle (Lasioderma serricorne F., Anobiidae) with notes on the pheromone antagonism between 4S,6S,7S- and 4S,6S,7R-serricornin*. - J. Appl. Entomol., 103: 217-240.
- LEVINSON A., LEVINSON H., 1995 - *Reflection on structure and function of pheromone glands in storage insect species*. - Anz. Schadlingsk., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 69: 99-118.
- LONGSTAFF B.C., 1997 - *Decision support system for pest management in grain stores: case history*. - Agricultural Systems and Information Technology: bureaus of rural resources newsletter, 7: 17-21.
- MAFRA-NETO A., BAKER T.C., 1996 - *Timed metered sprays of pheromone disrupt mating of Cadra cautella (Lepidoptera: Pyralidae)*. - J. Agric. Entomol., 13: 149-168.
- MANKIN R.W., ARBOGAST R.T., KENDRA P.E., WEAVER O.K., 1999 - *Active spaces of pheromone traps for Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae) in enclosed environments*. - Environ. Entomol., 28 (4): 557-565.
- MUELLER D., 2010 - *Mating disruption in Plodia interpunctella (H.)*. - Int. Pest Control, 59: 88-90.
- MULLEN M.A., 1992 - *Development of a pheromone trap for monitoring Tribolium castaneum*. - J. Stored Prod. Res., 28: 245-249.
- NANSEN C., PHILLIPS T.W., 2003 - *Attracticide for control of Indianmeal Moth, Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)*. - 8th Int. Working Conf. Stored-product Prot., York: 306-310.
- NANSEN C., PHILLIPS T.W., 2004 - *Attractancy and toxicity of an attracticide for the Indianmeal moth, Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae)*. - J. Econ. Entomol., 97: 703-710.
- NANSEN C., CAMPBELL J.F., PHILLIPS T.W., MULLEN M.A., 2003 - *The impact of spatial structure on the accuracy of contour maps of small data sets*. - J. Econ. Entomol., 96: 1617-1625.
- PEASE G., CAI L.I., STORM C.G., 2010 - *Efficacy of pheromone-based control system, ExosexTM SPTab, against moth pests in European food processing facilities*. - Proc. 10th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Estoril: 183-189.
- PHILLIPS T.W., 1997 - *Semiochemicals of stored-product insects: research and applications*. - J. Stored Prod. Res., 33: 17-30.
- PHILLIPS T.W., COGAN P.M., FADAMIRO H.Y., 2000 - *Pheromones*. In: Subramanyam B., Hagstrum D.W. (Eds.), *Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. - Kluwer Academic Publishers, Norwell: 273-302.
- PIERCE L.H., 1994 - *Using pheromones for the location and suppression of phycitid and cigarette beetles in Hawaii - a five-year summary*. - 6th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Canberra: 439-433.
- PIERCE L., 1998 - *Suppression of cigarette beetles, Lasioderma serricorne (F.), by focused mass trapping*. - Proc. 7th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Beijing: 1455-1463.
- PLARRE R., 1998 - *Pheromones and other semiochemicals of stored product insects. A historical review, current application, and perspective needs*. - Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., 342: 13-83.
- PREVETT P.F., BENTON F.P., HALL D.R., HODGES R.J., DOS SANTOS SERODIO R., 1989 - *Suppression of mating in*

- Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). - J. Stored Prod. Res., 25: 147-154.
- RYNE C., SVENSSON G.P., LÖFSTEDT C., 2001 - *Mating disruption of Plodia interpunctella in small-scale plots: effects of pheromone blend, emission rates and population density.* - J. Chem. Ecol., 27 (10): 2109-2124.
- RYNE C., EKEBERG M., JONZÉN N., OEHLISCHLAGER C., LÖFSTEDT C., ANDERBRANT O., 2006 - *Reduction in an almond moth Ephestia cautella (Lepidoptera: Pyralidae) population by means of mating disruption.* - Pest Manag. Sci., 62: 912-918.
- RYNE C., SVENSSON G.P., ANDERBRANT O., LÖFSTEDT C., 2007 - *Evaluation of long-term mating disruption of Ephestia kuehniella and Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae) in indoor storage facilities by pheromone traps and monitoring of relative aerial concentrations of pheromone.* - J. Econ. Entomol., 100: 1017-1025.
- SAVOLDELLI S., SÜSS L., 2010 - *Integrated control of Ephestia cautella (Walker) in a confectionary factory.* - Proc. 10th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Estoril: 991-992.
- SHANI A., CLEARWATER J., 2001 - *Evasion of mating disruption in Ephestia cautella (Walker) by increased pheromone production relative to that of undisturbed populations.* - J. Stored Prod. Res., 37: 237-252.
- SHAPAS T.J., BURKHOLDER W.E., BOUSH G.M., 1977 - *Population suppression of Trogoderma glabrum by using pheromone luring for protozoan pathogen dissemination.* - J. Econ. Entomol., 70 (4): 469-474.
- SHUMANN S., EPSKY N.D., 1998 - *Computerized monitoring of stored-product insects populations.* - Proc. 7th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Beijing: 1429-1436.
- SIEMINSKA E., RYNE C., LÖFSTEDT C., ANDERBRANT O., 2009 - *Long-term pheromone-mediated mating disruption of the Mediterranean flour moth, Ephestia kuehniella, in a flour mill.* - Entomol. Exp. Appl., 131: 294-299.
- SMITH S.S., MORE D., KARANJA L.W., CHANDI E.A., 1999 - *Formulation of vegetable fat pellets with pheromone and Beauveria bassiana to control the larger grain borer, Prostephanus truncatus (Horn).* - Pest Man. Sci., 55 (7): 711-718.
- SOWER L.L., WITMER G.P., 1977 - *Population growth and mating success of Indianmeal moths and Almond moths in the presence of synthetic sex pheromone.* - Environ. Entomol., 6: 17-20.
- SOWER L.L., TURNER W.K., FISH J.C., 1975 - *Population-density-dependent mating frequency among Plodia interpunctella (Lepidoptera: Phycitidae) in the presence of synthetic sex pheromone with behavioral observations.* - J. Chem. Ecol., 1: 335-342.
- SUBRAMANYAM B., HAGSTRUM D.W., 1996 - *Sampling.* In: Subramanyam B., Hagstrum D.W (Eds.), *Integrated management of insects in stored products.* - Marcel Dekker, New York: 135-193.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., MARRONE R., 1996 - *Possibilities and limits of mass trapping and mating disruption techniques in the control of Ephestia kuehniella (Zell.) (Lepidoptera Phycitidae).* - Boll. Zool. agr. Bachic., 28: 77-89.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., MARRONE R., 1999 - *Mating suppression of the Mediterranean flour moth (Ephestia kuehniella Zeller) (Lepidoptera Pyralidae) in a food industry.* - Boll. Zool. agr. Bachic., 31: 59-66.
- SÜSS L., SAVOLDELLI S., 2009 - *Mass trapping and mating disruption to control Cadra cautella (Walker) in a confectionery factory* - IOBC/wprs Bulletin, 69:143-149.
- TREMATERRA P., 1990 - *Population dynamic of Ephestia kuehniella Zeller in flour mill: three years of mass-trapping.* - Proc. 6th Int. Work. Conf. Stored-product Prot., Bordeaux: 1435-1443.
- TREMATERRA P., 1994 - *Control of Ephestia kuehniella Zeller by sex pheromones in the flour mills.* - Anz. Schadlingsk., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 67: 74-77.
- TREMATERRA P., 1995 - *The use of attracticide method to control Ephestia kuehniella Zeller in flour mills.* - Anz. Schadlingskde. Pflanzenschutz Umweltschutz, 68: 69-73.
- TREMATERRA P., 1997 - *Integrated Pest Management of stored-product insects: practical utilization of pheromones.* - Anz. Schadlingskde. Pflanzenschutz Umweltschutz, 70:41-40.
- TREMATERRA P., 2002 - *Use of pheromones in Integrated Pest Management of stored-products.* Encyclopedia of Pest Management - Marcel Dekker, Inc., New York: 1-4.
- TREMATERRA P., CAPIZZI A., 1987 - *Esperienze di controllo delle infestazioni di Ephestia kuehniella Zeller nei mulini mediante feromoni.* - Atti del 4° Simposio "Difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari", Piacenza 23-26.IX.1987: 511-518.
- TREMATERRA P., CAPIZZI A., 1991 - *Attracticide method in the control of Ephestia kuehniella Zeller: studies on effectiveness.* - J. Appl. Entomol., 111: 451-456.
- TREMATERRA P., GENTILE P., 2010 - *Five years of mass trapping of Ephestia kuehniella Zeller: a component of IPM in a flour mill.* - J. Appl. Entomol., 134: 149-156.
- TREMATERRA P., SCIARRETTA A., 2002 - *Phenology and spatial analysis of some Coleoptera infesting a feed mill.* - 8th Int. Working Conf. Stored-product Prot., York: 276-280.
- TREMATERRA P., SCIARRETTA A., 2005 - *Il contributo dell'analisi spazio-temporale alla gestione delle infestazioni in ambienti antropizzati.* - Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti, Anno LIII: 135-152.
- TREMATERRA P., PAULA M.C.Z., SCIARRETTA A., LAZZARI S.M.N., 2004 - *Spatio-Temporal Analysis of Insect Pests Infesting a Paddy Rice Storage Facility.* - Neotropical Entomol., 33 (4): 469-479.
- TREMATERRA P., GENTILE P., BRUNETTI A., COLLINS L., CHAMBERS J., 2007 - *Spatio-temporal analysis of trap catches of Tribolium confusum J. du Val in a semolina-mill, with comparison of female and male distribution.* - J. Stored Prod. Res., 43: 315-322.
- TREMATERRA P., ATHANASSIOU C., STEJSKAL V., SCIARRETTA A., KAVALLIERATOS N., PALLYVOS N., 2011 - *Large scale mating disruption of Ephestia spp. and Plodia interpunctella in Czech Republic, Greece and Italy.* - J. Appl. Entomol., 135: 749-762.
- VAIL P.V., HOFFMANN D.F., TEBBETS S.J., 1993 - *Autodissemination of Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) granulosis virus by healthy adults.* - J. Stored Prod. Res., 29: 71-74.
- WAKEFIELD M.E., MOORE D., LUKE B., TAYLOR B., STORM C.G., COLLINS D.A., GRAMMARE P., POTIN O., 2010 - *Progress in the development of a biopesticide for the structural treatment of grain stores.* - Proc. 10th Int. Working Conf. Stored-product Prot., Estoril: 760-765.
- WILEYTO E.P., EWENS W.J., MULLEN M.A., 1994 - *Markov-recapture population estimates: a tool for improving interpretation of trapping experiments.* - Ecology, 75: 1109-1117.
- WRIGHT, E.J., COGAN, P.M., 1995 - *Trapping and sampling: a proposal for standards in reporting.* - J. Stored Prod. Res., 31: 175-176.

LIMITI E PROSPETTIVE DELLE APPLICAZIONI DI LOTTA BIOLOGICA IN POST-RACCOLTA

AGATINO RUSSO (*)

(*) Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali dell'Università degli Studi di Catania, Via Santa Sofia 100, 95127 Catania

Lettura tenuta durante la Tavola rotunda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011

Biological control of stored product pests: limits and perspectives.

In the last years in Europe there has been a growing interest in the application of biological control methods in integrated stored product pests management. From an ecological point of view, food industries are characterized, in most cases, by constant temperature-humidity conditions close to the synecological optimum of many pests. They are also distinguished by an unlimited availability of *pabulum* with a high nutritional value and above all with specific structural features that create microhabitats which protect the pests from the action of many pesticides. Among the several experiments carried out on applications of biological control in post-harvest, we examine only those that involve the use of arthropods, taking into account only the most significant experiences in relation to the current potential applications in Europe. The following entomophagous species are considered: *Xylocoris flavipes* (Reuter) and *Xylocoris galactinus* (Fieber) (Hemiptera - Anthocoridae), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) and *Lariophagus distinguendus* (Förster) (Hymenoptera - Pteromalidae), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera - Braconidae) and *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera - Trichogrammatidae) and, finally, the predatory mite *Cheyletus eruditus* (Schrank) (Acarina - Cheyletidae) providing for each one a brief description of its spread and use. Biological control in post-harvest has some operational issues related to the strategies to be applied, the definition of biotic agents used in relation to the presence of one or more target species, the need for large amounts of parasitoids, easy to manipulate and to release, the need for qualified interlocutors, as well as the regulation in force that governs the introduction and use of exotic insects and other invertebrates for biological control. Future outlooks are tied to an increasing application of biological control methods in some sectors, such as cereal. We hope that the scientific community can promote a growing research in this area, facilitating the training of qualified experts.

KEY WORDS: Insect, mites, natural enemies, food industries.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è registrato, in ambito europeo, un crescente interesse verso l'applicazione di tecniche di lotta biologica nel contesto delle metodologie di Integrated Pest Management nelle derrate in post-raccolta, dovuto alla necessità di implementare la sicurezza degli operatori e la salvaguardia dell'ambiente (REICHMUTH, 2000; SÜSS & SAVOLDELLI, 2007), nonché di soddisfare la costante richiesta da parte dei consumatori di prodotti igienicamente sempre più garantiti dal rischio di indesiderabili residui di fitofarmaci. È opportuno precisare che, nella comune pratica fitoiatrica, con il termine post-raccolta si intende la gestione delle produzioni agricole, a partire dal prelievo di queste dal campo, includendovi tanto i processi di prima e seconda trasformazione che la commercializzazione all'ingrosso e al dettaglio dei prodotti finiti, ivi comprese le attività commerciali connesse alla somministrazione di cibi e bevande. I diversi passaggi di questa articolata e complessa filiera vengono genericamente defi-

niti, dalla legislazione italiana, quali attività connesse alle "industrie alimentari" e come tali assoggettati a precise norme europee, volte principalmente a tutelare la salute del consumatore. Da un punto di vista ecologico ci troviamo dinnanzi a una molteplicità di ambienti caratterizzati, nella maggioranza dei casi, da condizioni termo-igrometriche costanti e prossime all'*optimum* sinecologico di molti organismi infestanti; la disponibilità pressoché illimitata di *pabulum* ad elevato valore nutrizionale e, soprattutto, le particolari caratteristiche strutturali, creano microambienti in grado di proteggere gli stessi organismi infestanti dall'azione di molti pesticidi (SÜSS & LOCATELLI, 2001).

Appare ovvio considerare in anteprima che il problema connesso alla protezione delle derrate di origine vegetale nell'arco temporale complessivo dal post-raccolta al consumo finale, investe problematiche e competenze multidisciplinari e delle quali quelle connesse alla difesa dagli organismi animali, pur se di cospicua rilevanza pratica, non rappresentano che una parte del processo complessivo

della difesa stessa. Basti richiamare ancora fra gli agenti biologici avversi il problema degli inquinanti di natura fungina (con la relativa produzione di micotossine) ovvero di natura batterica, con l'emergenza di ulteriori problematiche di degradazione dei prodotti alimentari stessi. La letteratura più recente, anche italiana, ha affrontato con dovizia di ragguagli questi ultimi aspetti, che esulano peraltro dalla nostra competenza, ma sui quali ci si può comunque agevolmente documentare. È intuibile pertanto che la nostra sintetica rassegna viene necessariamente confinata ad una parte di pertinenza del settore zoologico applicato.

Per tentare di contenere i numerosi e crescenti problemi entomologici, all'interno degli stabilimenti, si è assistito negli ultimi decenni al progressivo diffondersi di approcci metodologici del controllo integrato, già ampiamente impiegati e collaudati in campo agricolo e per i quali si sono di volta in volta resi necessari gli opportuni adattamenti.

GLI AGENTI DI CONTROLLO BIOLOGICO NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

A motivo di quanto premesso, sono numerose le esperienze di lotta biologica realizzate sulle produzioni in post-raccolta, riportate in diverse rassegne scientifiche degli ultimi decenni (tra cui ARBOGAST, 1984; BROWER *et al.*, 1996; SCHÖLLER *et al.*, 1997; ŽDÁRKOVÁ, 2001) e che hanno visto l'impiego di agenti biotici di controllo quali batteri, funghi, nematodi, acari e insetti. Ulteriori metodologie vengono annoverate nel recente contributo di SCHÖLLER (2010). In questa rassegna, verrà preso in esame soltanto l'impiego di artropodi, rimandando alle succitate rassegne per l'approfondimento di tematiche relative al controllo microbiologico nei confronti degli infestanti di natura entomologica; limitiamo inoltre le nostre considerazioni ad alcune più significative esperienze, in relazione alle attuali potenzialità applicative in ambito europeo o alla disponibilità di contributi di ricercatori italiani, dando un richiamo ai principali agenti di controllo biologico classico.

Xylocoris flavipes (Reuter) (Hemiptera - Anthocoridae)

È considerato un promettente agente di controllo biologico ed è probabilmente la specie maggiormente studiata da un punto di vista biologico ed etologico fra quelle del gen. *Xylocoris* Doufour (SAULICH & MUSOLIN, 2009). Questo predatore, originariamente descritto per l'Algeria, viene riportato per

Nord Africa, Europa occidentale, Sud America, Stati Uniti, Estremo Oriente e Australia (LATTIN, 2000). Esso rappresenta un importante agente di contenimento di diverse specie di insetti infestanti le derrate in magazzino. Il suo ciclo biologico è stato studiato da diversi autori in condizioni di laboratorio sin dagli anni '70 (ARBOGAST *et al.*, 1971; AWADALLAH & TAWFIK, 1972); particolarmente interessanti sono le osservazioni che hanno permesso di evidenziare come l'efficacia della predazione risulti influenzata dalle dimensioni della preda (LECATO & DAVIS, 1973). L'intensa attività trofica degli stadi preimaginali e degli adulti viene svolta a spese di uova, larve e pupe di coleotteri e lepidotteri, tra cui *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, *T. castaneum* (Herbst), *Sitophilus zeamays* Motschulsky, *S. granarius* (L.), *Lasioderma serricornis* (F.), *Plodia interpunctella* (Hübner), *Sitotroga cerealella* (Oliver), tutte specie cosmopolite tipicamente infestate ai cereali in conservazione (REICHMUTH, 2000). L'antocorida è spontaneamente presente, in apprezzabile densità di popolazione, all'interno dei magazzini infestati nelle aree geografiche più calde, dopo alcuni mesi di stoccaggio delle masse granarie (PERICART, 1972; LATTIN, 2000); diverse osservazioni sperimentali hanno infatti evidenziato che *X. flavipes* può svolgere il proprio ciclo biologico anche in presenza di temperature superiori ai 35° C, benché l'optimum sinecologico risulti compreso tra 29 e 31° C (ARBOGAST, 1975; ABDEL-RAHAMN *et al.*, 1983). Gli adulti e gli stadi giovanili attuano una intensa attività di ricerca della preda, anche se l'approccio con questa è molto cauto; in condizioni di laboratorio sono stati osservati, nel caso di larve di *T. castaneum*, rapidi movimenti di queste ultime, capaci di ferire il predatore (RUSSO *et al.*, 2004). Alcuni autori hanno anche registrato (LECATO & COLLINS, 1976) una maggiore preferenza delle neanidi per le uova delle proprie prede. Numerose osservazioni di laboratorio hanno evidenziato interessanti risposte funzionali dell'antocorida nei confronti delle sue prede attraverso i modelli matematici di HOLLING (1959a, 1959b) che studiano il rapporto predatore/preda all'aumentare della disponibilità di quest'ultima, mettendo in luce un comportamento di II tipo: vale a dire che il numero di prede consumate cresce costantemente sino al raggiungimento di un livello di sazietà del predatore stesso (BROWER *et al.*, 1996; RAHMAN *et al.*, 2009; VIRONE, 2008). Osservazioni biologiche su popolazioni mediterranee (RUSSO *et al.*, 2004) hanno confermato che queste sono maggiormente adattate alle alte temperature, pur se tollerano meglio gradienti più bassi rispetto alle popolazioni saggiate da ARBOGAST (1975) negli Stati Uniti. Tale termofilia può risultare di particolare interesse applicato per i programmi di lotta integrata in post-raccolta negli ambienti mediterranei, ove in tarda estate e autunno

vengono spesso raggiunte, all'interno dei locali di stoccaggio, temperature superiori ai 30° C, ancora idonee in tal caso a consentire l'introduzione e il successivo sviluppo dell'antocoride. Proprio per approfondire tali aspetti, è stato finanziato un progetto di ricerca PRIN 2005 dal titolo "Innovazione nella gestione delle infestazioni da *Tribolium* spp. per la sicurezza alimentare". Ciò ha consentito di fornire, su espressa richiesta, numerosi esemplari provenienti dalle colonie selezionate e impiegate per la sperimentazione ad alcune biofabbriche straniere per essere destinati alla produzione massale e successivamente alla diffusione sul mercato.

Xylocoris galactinus (Fieber)
(Hemiptera - Anthocoridae)

È una specie rinvenuta e descritta in Europa (PÉRICART, 1972), ma con diffusione ritenuta praticamente cosmopolita, anche grazie alla commercializzazione delle granaglie in cui spesso si rinviene spontaneamente (LATTIN, 2000). Oltre che nei magazzini di cereali questo eterottero predatore si riscontra in lettiere, nei cumuli di letame, nella paglia e ovunque si trovino condizioni di temperatura e *pabulum* idonei al suo sviluppo (HALL, 1951). Esso è segnalato quale predatore di numerose specie di insetti tra cui il dittero *Musca domestica* (L.), coleotteri e acari (TAWFIK & EL-HUSSEINI, 1971), ma è risultato per molto tempo meno studiato della specie precedente. Un primo importante contributo sulla sua biologia è rappresentato dagli studi condotti in Egitto da TAWFIK & EL-HUSSEIN (1971), mentre bisogna attendere gli anni '90 per una prima valutazione comparata della sua attività di predazione su *M. domestica* e *T. confusum* (AFIFI & IBRAHIM, 1991). Più recentemente presso l'Università di Milano sono state condotte, nell'ambito del già citato progetto PRIN, osservazioni volte a valutare lo sviluppo postembrionale, l'attività di predazione degli stadi giovanili e la fecondità degli adulti su larve di *T. castaneum* e *T. confusum*, a diverse temperature (SAVOLDELLI, 2007). Da questi studi è emerso come l'antocoride possa, al pari della specie precedente, essere preso in considerazione per la sua efficace attività predatoria per applicazioni di lotta biologica, come ad esempio nello stoccaggio di cereali biologici.

Anisopteromalus calandrae (Howard)
(Hymenoptera - Pteromalidae)

Questo imenottero, afferente alla famiglia dei Pteromalidi, rappresenta uno dei principali parassitoidi rinvenibili negli ammassi granari ed è ripor-

tato come potenziale agente di controllo biologico dei coleotteri *S. granarius*, *S. zeamays*, *Rhyzopertha dominica* (F.), *Stegobium paniceum* (L.), *L. serricornis*, *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Callosobruchus maculatus* (F.) (WILLIAMS & FLOYD, 1971; ARBOGAST & MULLEN, 1990; REICHMUTH, 2000, NGAMO *et al.*, 2007). Questo ectoparassitoide primario idiobionte attacca gli ultimi stadi larvali delle specie ospiti all'interno dei semi dei cereali (SHIN *et al.*, 1994). La femmina paralizza la larva della sua vittima, per deporvi un suo uovo sul tegumento, da cui schiuderà a sua volta una larva che si nutrirà dell'emolinfa dell'ospite (AHMED, 1996). Di norma da ciascuna larva ospite emerge un solo esemplare del parassitoide (ARBOGAST & MULLEN, 1990). Recenti studi condotti con l'ausilio di un olfattometro a due vie in vetro (BELDA & RIUDAVETS, 2010) hanno evidenziato una risposta positiva delle femmine ovideponenti allo spettro odoroso prodotto sia da larve di *S. oryzae*, *R. dominica*, *L. serricornis*, *T. confusum*, sia da substrati alimentari di queste specie (quali riso o farina di grano tenero), che da ospiti e substrato insieme. Alcuni autori (NIEDERMAYER & STEIDLE, 2007) reputano *A. calandrae* specie termofila particolarmente efficace nel periodo estivo, quando si abbrevia la durata del suo ciclo biologico. Attesa l'efficacia dimostrata in special modo nel contenimento di curculionidi del genere *Sitophilus*, *A. calandrae* viene considerato un parassitoide idoneo ad essere utilizzato come agente di controllo dalle aziende di disinfestazione (SCHÖLLER, 2010).

Lariophagus distinguendus (Förster)
(Hymenoptera - Pteromalidae)

Anche questo pteromalide è riportato come potenziale agente di controllo biologico di numerose specie di coleotteri, quali *S. granarius*, *L. serricornis*, *S. paniceum*, *R. dominica*, *A. obtectus* e *Ptinus clavipes* (REICHMUTH, 2000). È un ectoparassitoide solitario di larve e pupe (STEIDLE & SCHÖLLER, 1997) che è stato oggetto di numerosi studi sulla sua biologia ed ecologia (BELLOWS, 1985; ASSEM VAN DEN *et al.*, 1989); in molti casi è emerso che la sua capacità di parassitizzazione risulta fortemente influenzata dalla temperatura (HONG & RYOO, 1991; RYOO *et al.*, 1991), nonché da fenomeni di competizione intra e interspecifica con altri parassitoidi (RYOO *et al.*, 1996). Negli anni '70 alcuni autori avevano precedentemente considerato la specie, a causa della bassa fecondità, non idonea all'impiego in programmi di controllo biologico (GONEN & KUGLER, 1970); in effetti è stato poi dimostrato da successivi studi come la fecondità delle femmine vari in relazione al ceppo utilizzato, all'ospite e alle condizioni di allevamento

(STEIDLE, 1998). Un altro fattore etologico positivo di questa specie è la sua capacità di intercettare le vittime all'interno del substrato. Gli studi di STEIDLE & SCHÖLLER (2002) hanno ad esempio evidenziato come le femmine ovideponenti siano in grado di localizzare le vittime sino a 4 metri di distanza dalla superficie, anche se il livello di parassitizzazione raggiunto decresce all'aumentare della profondità. Qui è opportuno ricordare che in relazione alle temperature dell'Europa centrale, questa rappresenta anche la profondità massima per l'ospite *S. granarius* (STEIDLE & SCHÖLLER, 2002). La capacità di ricerca dell'imenottero viene favorita dall'azione caïromonica della componente volatile prodotta dalle deiezioni delle calandre (STEINER *et al.*, 2007) e ciò potrebbe rappresentare un ulteriore interessante aspetto applicativo da esplorare. La possibilità di impiego di *L. distinguendus* nei programmi di controllo biologico si è recentemente ampliata con la sua introduzione nelle strutture museali per la lotta ai Coleotteri Anobiidi e Ptinidi (SCHÖLLER, 2010).

Habrobracon hebetor (Say)
(Hymenoptera - Braconidae)

Quest'imenottero braconide, a distribuzione cosmopolita, è un ectoparassitoide idiobionte gregario che si sviluppa a spese di larve di numerose specie di lepidotteri, principalmente tignole della famiglia Pyralidae (ELIOPOULOS & STATHAS, 2008). Recenti osservazioni (GHIMIRE & PHILLIPS, 2010) hanno infatti confermato che in aggiunta a specie della subfamiglia Phyticinae, quali *P. interpunctella*, *Ephestia kuehniella* (Zeller), *E. elutella* (Hübner), *Cadra cautella* (Walker), l'entomofago paralizza e ovidepone anche su *Galleria mellonella* L. e *Corcyra cephalonica* (Stainton). In realtà il numero di specie di lepidotteri ospiti risulta molto più ampio (AMIR-MAAFI & CHI, 2006) ma ciò è probabilmente legato alla presenza di popolazioni diverse tra il pieno campo e gli ambienti confinati di stoccaggio (HEIMPEL *et al.*, 1997). In relazione all'importanza economica delle specie ospiti, *H. hebetor* viene oggi impiegato in programmi di controllo biologico ed è stato pertanto oggetto, tra l'altro, di studi volti a definirne importanti aspetti demografici e biologici (AMIR-MAAFI & CHI, 2006, FOROUZAN *et al.*, 2008, AKINKUROLERE *et al.*, 2009). Ad esempio, è stato chiarito che l'imenottero, pur potendo parassitizzare tutti gli stadi larvali della temibile tignola fasciata, tende ad ovideporre maggiormente sulle ultime età, che risultano più facilmente localizzabili sia per il quantitativo di kairomoni emessi (VET & DICKE, 1992) sia per le maggiori dimensioni. Un probabile limite, nel caso di

impiego massivo contro la tignola del riso *C. cephalonica*, può essere rappresentato dalla ridotta capacità di rinvenimento dell'ospite quando il cereale è posto in sacchi di juta (ADARKWAH *et al.*, 2010), condizione abituale per lo stoccaggio e la commercializzazione del riso. La specie è comunque capace di svilupparsi entro un ampio range di temperature; osservazioni condotte sulla risposta funzionale su *P. interpunctella* in un intervallo tra i 17 e i 35° C, hanno evidenziato che dai 17 ai 29° C il tempo di manipolazione della preda è inversamente proporzionale alla temperatura, a partire dai 32° C il tempo diventa proporzionale (ZHONG *et al.*, 2009).

Trichogramma evanescens Westwood
(Hymenoptera - Trichogrammatidae)

Gli imenotteri ooparassitodi del genere *Trichogramma* sono stati usati con successo per il controllo biologico in un ampio numero di agroecosistemi in diverse parti del mondo. In particolare in Europa, *T. evanescens* Westwood, viene impiegato da tempo in Germania nell'ambito di programmi di controllo biologico in industrie alimentari ed esercizi commerciali contro i Lepidotteri Ficitidi *P. interpunctella*, *E. kuehniella* ed *E. elutella* (PROZELL & SCHÖLLER, 1998). In effetti sono state oggetto di osservazione, quali agenti di controllo biologico delle piralidi delle derrate, anche altre specie del medesimo genere quali *T. embryophagum* Quednau (SCHÖLLER *et al.*, 1996), *T. brassicae* Bezdenko, *T. pretiosum* Riley, *T. carverae* Oatman & Pinto (STEIDLE *et al.*, 2001), *T. cacoeciae* Marchal (SCHÖLLER & HASSAN, 2001), *T. deion* Pinto & Oatman, *T. ostriniae* Pang & Chen (GRIESHOP *et al.*, 2008). *T. evanescens* si presta, a differenza di molte altre specie, ad essere manipolato con maggiore facilità. L'introduzione nelle industrie, che avviene sotto forma di strisce di cartoncino sulle quali sono incollate centinaia di uova di lepidotteri parassitizzate, è facilitata ad esempio dalla buona resistenza delle sue pupe alle basse temperature, che consentono quindi lo stoccaggio e la successiva spedizione delle uova parassitizzate (AYVAZ *et al.*, 2008). L'oofago presenta anche una buona resistenza alle alte temperature ed è quindi particolarmente idoneo per il controllo delle specie maggiormente termofile, come *P. interpunctella* (SCHÖLLER & HASSAN, 2001). Appaiono particolarmente interessanti gli studi fatti da SCHÖLLER & PROZELL (2002), volti a valutare l'effetto caïromonico di (Z,E)-9,12-tetra-decadenyl acetato, componente comune ai feromoni di *Ephestia* spp. e *P. interpunctella*. Tale aspetto potrebbe divenire di rilevante interesse se nel corso dei lanci dell'entomofago si dovessero registrare importanti catture alle

trappole, normalmente disposte in azienda per il monitoraggio nell'ambito dei piani di autocontrollo. Sempre in questi studi è inoltre emerso che, esponendo femmine senza esperienza di ovideposizione, femmine che avevano ovideposto ma non in presenza del feromone e femmine che avevano ovideposto in presenza del feromone, soltanto quest'ultime davano una risposta positiva al predetto feromone. Verifiche effettuate in prove di campo dagli stessi autori hanno comunque registrato catture molte basse di *T. evanescens* nelle trappole innescate con il predetto componente.

***Cheyletus eruditus* (Schrank)**
(Acarina - Cheyletidae)

Gli acari rappresentano un problema molto diffuso sulle derrate alimentari in special modo ove si creano condizioni ambientali idonee allo sviluppo di una ricca micoflora che rappresenta per molte specie un'importante fonte alimentare. Associate alle specie saprofitiche e detritivore vengono spesso individuate, anche in numero considerevole, specie predatrici della fam. Cheyletidae (Prostigmata); tra queste, quella su cui si è maggiormente concentrata l'attenzione dei ricercatori è *Cheyletus eruditus*, facilmente rinvenibile su derrate anche in Italia (BENINATO *et al.*, 2000). È una specie attiva predatrice di acari appartenenti alle fam. Acaridae e Glycyphagidae, in particolare di *Acarus siro* L., *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Lepidoglyphus destructor* (Schrank) (ŽĎÁRKOVÁ, 1986). Le pluriennali ricerche di ŽĎÁRKOVÁ (1986, 1994, 1996, 2001; ŽĎÁRKOVÁ & HORÁK, 1999) hanno consentito di chiarire aspetti fondamentali per il suo impiego quale agente di controllo biologico. Il predatore, ad esempio, è capace di sopravvivere a temperature inferiori a 0° C, ma non si sviluppa se queste non superano i 12°, il suo ciclo biologico può variare dai 18 ai 164 giorni (ŽĎÁRKOVÁ, 2001). *C. eruditus* tende a predare specie che si muovono lentamente come *A. siro* rispetto a quelle più veloci come *L. destructor*; ciò è particolarmente importante atteso che sui cereali la prima è una degli infestanti principali. Questo predatore è maggiormente resistente agli acaricidi fosfororganici rispetto alle proprie prede. La moltiplicazione negli allevamenti massali (ŽĎÁRKOVÁ, 1986) avviene inoculando a 25° C e 75% U.R. in contenitori della capacità di circa 1 l e su 100 gr di semi di lattuga, 20.000 esemplari di *A. siro* e 100-200 di *C. eruditus*; con questa tecnica, nell'arco di un mese, è possibile ottenere circa 2100 ± 600 esemplari del predatore. Il complesso di tali osservazioni ha anche consentito l'elaborazione di un modello matematico di controllo biologico di *A. siro* da parte di *C. eruditus* su

grano (PEKÁR & ŽĎÁRKOVÁ, 2004). Altre specie predatrici di acari, quali *C. malaccensis* Oudemans e *Blattisocius tarsalis* (Berlese), anch'esse rinvenute in Italia su cereali (RUSSO *et al.*, 1996), sono attualmente oggetto di valutazione per l'impiego in programmi di controllo biologico (THIND & FORD, 2006; LUKÁŠ *et al.*, 2007).

PROBLEMATICHE APPLICATIVE

Le industrie alimentari rappresentano per molti aspetti ecologici un habitat particolare e richiedono pertanto opportuni adattamenti delle metodologie di controllo biologico classico. Si tratta infatti di spazi chiusi e confinati, siti in aree urbane o suburbane, all'interno dei quali sono presenti poche specie, spesso strettamente connesse alle stesse materie prime stoccate, e nei quali gli interventi di fumigazione tendono ad azzerare le popolazioni animali presenti, limitando fortemente la coesistenza di eventuali ospiti di sostituzione. Un primo aspetto pratico è quindi legato alla metodologia di lotta biologica impiegata; di norma vengono effettuati lanci inondativi di entomofagi con l'impiego di insetti provenienti da allevamenti massali (SCHÖLLER *et al.*, 1997), mentre l'unico caso sinora noto di successo con lanci inoculativi è quello del coleottero histiride *Teretriusoma nigrescens* Lewis in Africa contro il coleottero bostrichide *Prostephanus truncatus* (Horn). La definizione dell'agente biotico da lanciare è legata alla presenza di una o più specie target, per cui spesso può essere opportuno immettere sia predatori che parassitoidi; ciò è quanto è emerso ad esempio nel controllo biologico della tignola *C. cautella* con *X. flavipes* e *H. hebetor* in depositi di arachidi (KEEVER *et al.*, 1986), oppure come nel caso della lotta a *R. dominica* con l'imenottero *A. calandreae* e l'acaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophecinae) (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Effettuando dei lanci inondativi su larga scala diventa particolarmente importante disporre di elevate quantità di parassitoidi, agevolmente manipolabili e di facile distribuzione, al fine di promuovere la reale diffusione delle tecniche di lotta biologica. In quest'ottica vanno evidenziate alcune applicazioni realizzate contro le tignole delle derrate nella città di Berlino, sia in punti di commercio al dettaglio che persino nelle abitazioni private (SCHÖLLER *et al.*, 1997).

In termini più generali, il controllo biologico nelle derrate in post-raccolta come parte integrante dell'IPM richiede la valutazione preventiva di una serie di fattori tra loro interagenti e la rilevazione di parametri decisionali, la localizzazione dell'infestazione, l'ef-

fettuazione di campionamenti mirati, l'applicazione di soglie d'intervento, la definizione delle specie target e la conoscenza della composizione delle loro popolazioni (BURKHOLDER & FAUSTINI, 1991). L'applicazione di tali modalità operative rappresenta sicuramente una premessa importante per favorire la diffusione del controllo biologico tra gli operatori del settore. Vi è infatti una certa riluttanza in ambito europeo da parte degli agricoltori e delle industrie alimentari nell'adottare tali tecniche operative a causa della loro potenziale complessità e difficoltà, nonché per la mancanza di una adeguata opera di divulgazione e sensibilizzazione (STEJSKAL *et al.*, 2002).

Una ulteriore difficoltà è legata alle vigenti normative che regolano l'introduzione e l'impiego di insetti utili ed altri invertebrati esotici per il controllo biologico. Il legislatore italiano con il D.P.R. 12 marzo 2003 n. 120 vieta, con interpretazione fortemente restrittiva della normativa europea, "la reintroduzione, l'introduzione e ripopolamento in natura di specie e popolazioni non autoctone" rendendo di fatto non possibile l'utilizzo di antagonisti naturali provenienti da altri areali.

In molti casi, nelle industrie alimentari si verificano infestazioni riconducibili a più specie di insetti e/o acari e questo rende particolarmente complessa l'adozione del controllo biologico per la difficoltà di poter disporre spesso di un efficace agente biologico multitarget (STEJSKAL *et al.*, 2002). A quest'ultima categoria possono ascrivere *C. eruditus* e *T. evanescens*, in grado rispettivamente di predare numerose specie di acari e di parassitizzare le uova di gran parte delle piralidi. Ciò fa sì che essi vengano da alcuni autori additati come gli unici successi commerciali dell'applicazione del controllo biologico nelle industrie alimentari (STEJSKAL *et al.*, 2002).

POSSIBILITÀ OPERATIVE E PROSPETTIVE FUTURE

Al fine di stimolare la ricerca scientifica a favore del settore in causa l'Unione Europea ha finanziato, nell'ambito del programma COST, un progetto di ricerca quinquennale (1999-2004) che ha visto la presenza di ricercatori provenienti da diversi Paesi europei, dal titolo Biocontrol of Arthropod Pests in Stored Products (Cost Action 842). La risoluzione finale (HANSEN, 2007), adottata sulla base dei risultati ottenuti nel corso del progetto, individuava già alcune tipologie di applicazioni nelle quali il controllo biologico poteva essere promettente:

- nei locali vuoti contro acari, coleotteri e lepidotteri, impiegando acari predatori, imenotteri parassitoidi e funghi entomopatogeni;
- con interventi preventivi sulle materie prime, in

particolare grano, mediante acari predatori e imenotteri parassitoidi;

- con interventi preventivi mediante ooparassitoidi del gen. *Trichogramma* per proteggere i prodotti confezionati dalle infestazioni delle tignole.

Con riferimento al nostro Paese, si può ritenere che alcune particolari tipologie di filiere agroalimentari possono ben prestarsi ad una crescente applicazione dei metodi di lotta biologica. Una di queste può senz'altro individuarsi nella filiera cerealicola. I silos o più in generale i granai, che sono i siti in cui di norma il cereale viene infestato da numerose specie di artropodi, possono rappresentare al contempo un ambiente idoneo per una efficace introduzione di idonei entomofagi. L'azione di contenimento di tipo biologico può rappresentare - visto fra l'altro l'aumento dei fenomeni di resistenza dei fitofagi chiave all'unico fumigante oggi autorizzato, la fosfina, nonché a diversi altri principi attivi impiegati con altre modalità di applicazione - un importante fattore di contenimento delle infestazioni; ciò consentirebbe il mantenimento delle caratteristiche qualitative di pregio della derrata, nel rispetto della salubrità del prodotto e della sua sicurezza dal punto di vista tossicologico. Questo, in un momento di grave difficoltà per il settore, potrebbe anche rappresentare un fattore di competizione rispetto all'importazione dall'estero di cereali che non offrono chiare garanzie qualitative sia in termini alimentari che tossicologici.

Nelle industrie di prima e seconda trasformazione, inoltre, la presenza di polveri inquinanti rende spesso inefficace o di difficile attuazione l'applicazione di pesticidi contro gli infestanti. In tali casi può offrire apprezzabili risultati l'applicazione della lotta biologica (PROZELL *et al.*, 1995). I numerosi ed efficaci sistemi di monitoraggio delle popolazioni entomatiche, specie di quelli in cui si fa uso di semiochimici, possono fornire un valido contributo per valutare in maniera efficace la riduzione delle popolazioni, consentendo l'adozione tempestiva di eventuali soluzioni alternative. Per questa ragione essi vengono considerati quale sistema routinario di controllo dai manuali HACCP e Sistemi di qualità. La presenza di adeguati impianti di prepulitura e di cernita in grado di eliminare dalla materie prime e da quella di prima trasformazione gli insetti nocivi, i parassitoidi e/o i loro frammenti (altrimenti evidenziati dalle sofisticate analisi di routine richieste ad esempio dalla Grande Distribuzione Organizzata), possono al contempo consentire di rispettare pienamente gli standard commerciali richiesti.

In conclusione, ci si auspica che la comunità scientifica possa promuovere, con particolare riferimento al nostro paese, una crescente attività di ricerca in questo settore, agevolando la formazione di esperti

qualificati, avviando nel contempo una interlocuzione con gli organi ministeriali e con le associazioni di categoria affinché, anche nelle industrie alimentari - al pari di quanto avvenuto ad esempio nel settore delle colture protette o della frutticoltura - si promuova una campagna di divulgazione presso le aziende e i consumatori che consenta di aumentare sensibilmente anche in Italia i livelli di applicazione della lotta biologica in post-raccolta sui prodotti destinati a successive trasformazioni nelle industrie alimentari.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni si è registrato, in ambito europeo, un crescente interesse verso l'applicazione di tecniche di controllo biologico nel contesto delle metodologie dell'Integrated Pest Management nelle derrate alimentari. Da un punto di vista ecologico, le industrie alimentari sono, nella maggioranza dei casi, caratterizzate da condizioni termico-igrometriche costanti e prossime all'*optimum* sinecologico di molti organismi infestanti; da disponibilità pressoché illimitata di *pabulum* ad elevato valore nutrizionale e, soprattutto, da particolari caratteristiche strutturali, che creano microambienti in grado di proteggere gli stessi organismi infestanti dall'azione di molti pesticidi. Tra le numerose esperienze di lotta biologica realizzate sulle produzioni in post-raccolta, vengono prese in esame soltanto quelle che prevedono l'impiego di artropodi, limitandosi a considerare, in relazione alle attuali potenzialità applicative in ambito europeo, solo le esperienze più significative. Vengono quindi considerati gli insetti *Xylocoris flavipes* (Reuter) e *Xylocoris galactinus* (Fieber) (Hemiptera - Anthocoridae), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) e *Lariophagus distinguendus* (Förster) (Hymenoptera - Pteromalidae), *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera - Braconidae) e *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera - Trichogrammatidae) e, infine, l'acaro *Cheyletus eruditus* (Schränk) (Acarina - Cheyletidae) fornendo per ciascuno di essi brevi indicazioni sulla loro diffusione e sul loro impiego. Il controllo biologico nel post-raccolta ha alcune problematiche operative connesse strategie adottate, alla definizione degli agente biotici da impiegare in relazione alla presenza di una o più specie target, alla necessità di disporre di elevate quantità di parassitoidi, agevolmente manipolabili e di facile distribuzione, alla necessità di avere interlocutori qualificati, alle vigenti normative che regolano l'introduzione e l'impiego di insetti utili ed altri invertebrati esotici per il controllo biologico. Le prospettive future sono legate ad una crescente applicazione dei metodi di lotta biologica in alcune filiere, come quella cerealicola. L'auspicio è che la comunità scientifica possa promuovere una crescente attività di ricerca in questo settore, agevolando la formazione di esperti qualificati.

BIBLIOGRAFIA

ABDEL-RAHMAN H.A., SHAUMRAR N.F., SOLIMAN Z.A., EL-AGOZE M.M., 1983 - *Efficiency of the anthocorid predator Xylocoris flavipes (Reut.) in biological control of stored grain insects.* - Bulletin of the Entomological Society of Egypt, 11: 27-34.

ADARKWAH C., BÜTTNER C., REICHMUTH C., OBENG-OFORI D., PROZELL S., SCHÖLLER M., 2010 - *Ability of the larval ectoparasitoid Habrobracon hebetor (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae) to locate the rice moth Corcyra*

cephalonica (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) in bagged and bulk stored rice. - Journal of Plant Diseases and Protection, 117(2): 67-71.

AFIFI A. I., IBRAHIM A.M.A., 1991 - *Effect of prey on various stage of the predator Xylocoris galactinus (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae).* - Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo, 42 (1): 111-117.

AHMED K.S., 1996 - *Studies on the ectoparasitoid Anisopteromalus calandrae How. (Hymenoptera: Pteromalidae) as a biocontrol agent against the lesser grain, Rhyzopertha dominica (Fab.) in Saudi Arabia.* - Journal of Stored Products Research, 32: 137 -140.

AKINKUOLERE R.O., BOYER S., CHEN H., ZHANG H., 2009 - *Parasitism and host-location preference in Habrobracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae): role of refuge, choice, and host instar.* - Journal of Economic Entomology, 102(2): 610-615.

AMIR-MAAFI M., CHI H., 2006 - *Demography of Habrobracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae) on two pyralid hosts (Lepidoptera: Pyralidae).* - Annals of the Entomological Society of America, 99(1): 84-90.

ARBOGAST R.T., 1975 - *Population growth of Xylocoris flavipes (Hemiptera: Anthocoridae). Influence of temperature and humidity.* - Environmental Entomology, 4: 825-831.

ARBOGAST R.T., 1984 - *Biological control of stored-product insects: status and prospects.* - In: Baur, F.J. (ed), Insect Management for Food Storage and Processing. American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, Minneapolis USA, pp. 225-238.

ARBOGAST R.T., CARTHON M., ROBERTS JR. J.R., 1971 - *Developmental stages of Xylocoris flavipes (Hemiptera: Anthocoridae) a predator of stored-products insects.* - Annals of Entomological Society of America, 64: 1131-1134.

ARBOGAST R.T., MULLEN M.A., 1990 - *Interaction of maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) and parasitoid Anisopteromalus calandrae (Hymenoptera: Pteromalidae) in a small bulk of stored corn.* - Journal of Economic Entomology, 83: 2462-2468.

ASSEM VAN DEN J., IERSEL VAN J.A., LOS-DEN-HARTOGH R.I., 1989 - *Is being large more important for female than for male parasitic wasp?* - Behaviour, 108: 160-195.

AWADALLAH K.T.; TAWFIK M.F.S., 1972 *The biology of Xylocoris (=Piezostethus) flavipes (Reut.).* - Bulletin of the Entomological Society of Egypt, 56: 177-189.

AYVAZ A., KARASU E., KARABÖRKLÜ S., TUNÇBILEK A., 2008 - *Effects of cold storage, rearing temperature, parasitoid age and irradiation on the performance of Trichogramma evanescens Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae).* - Journal of Stored Products Research, 44: 232-240.

BELDA C., RIUDAVETS J., 2010 - *Attraction of the parasitoid Anisopteromalus calandrae (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) to odors from grain and stored products pests in a Y-tube olfactometer.* - Biological Control, 54: 29-34.

BELLOWS T.S., 1985 - *Effects of host age and host availability on developmental period, adult size, sex ratio, longevity and fecundity Lariophagus distinguendus Förster (Hymenoptera: Pteromalidae).* - Researches on Population Ecology, 27: 55-64.

BENINATO S., RUSSO A., TROPEA GARZIA G., 2000 - *Artropodi infestanti i pistacchi in magazzino in Sicilia.* - Phytophaga, 9(1999): 3-14.

BROWER J.H., SMITH L., VAIL P.V., FLINN P.W., 1996 - *Biological control.* - In: Subramanyam B. and Hangstrum D.W. (eds), Integrated Management of Insect in Stored Products, Marcell Dekker, New York, USA pp 223-286.

BURKHOLDER W.E., FAUSTINI D.L., 1991 - *Biological methods of survey and control.* - In: Ecology and management of food industry pest. Gorham J. ed. AOAC Press, pp 361-372.

ELIOPOULOS P.A., STATHAS G.J., 2008 - *Life tables of*

- Habrobracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing Anagasta kuehniella and Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae): effect of host density. - Journal of Economic Entomology, 103(3): 982-988.
- FOROUZAN M., AMIRMAAFI M., SAHRAGARD A., 2008 – Temperature-dependent development of Habrobracon hebetor (Hym.: Braconidae) reared on larvae of Galleria melonella. - Journal of Entomological Society of Iran, 28(1): 67-78.
- GHIMIRE M.N., PHILLIPS T.W., 2010 – Suitability of different Lepidopteran host species for development of Bracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae). - Environmental Entomology, 39(2): 449-458.
- GONEN M., KUGLER J., 1970 – Notes on the biology of Lariophagus distinguendus (Foerster) (Hym. Pteromalidae) as a parasite of Sitophilus oryzae (L.) (Col. Curculionidae). - Israel Journal of Zoology, 5: 133-140.
- GONÇALVES J.R., FARONI L.R., GUEDES R. N., DE OLIVEIRA C.R., GARCIA F.M., 2006 – Interação entre Acarophenax lacunatus (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) e Anisopteromalus calandrae (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre Rhyzoperta dominica (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). - Neotropical Entomology, 35(6): 823- 827.
- GRIENSHOP M.J., FLINN P.W., NECHOLS J.R., CAMPBELL J.F., 2008 - Effects of fine-grain habitat complexity on egg parasitism by three species of Trichogramma. – Biological Control, 45: 328-336.
- HALL D.W., 1951 – Observations on the distribution, habitus and life-history of the bug Piezostethus galactinus (Fieb.) (Hemipt., Anthocoridae). - Entomological Monthly Magazine, 87: 45-52.
- HANSEN L.S., 2007 – Potential for widespread application of biological control of stored-product pests - the European perspective. - Journal of Stored Products Research 43: 312-313.
- HEIMPEL G.F., ANTOLIN M.F.P., FRANQUI R.A., STRAND M.R., 1997 – Reproductive isolation and genetic variation between two “strain” of Bracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae). - Biological Control, 9: 149-196.
- HOLLING C.S., 1959a – The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of European pine sawfly. - Canadian Entomologist, 91: 293-320.
- HOLLING C.S., 1959b – Some characteristics of simple types of predation and parasitism. - Canadian Entomologist, 91: 385-398.
- HONG Y.S., RYOO M.I., 1991 – Effect of the temperature on the functional and numerical responses of Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae) to various densities of the host, Sitophilus oryzae (Coleoptera : Curculionidae). - Journal of Economic Entomology, 84: 837-840.
- KEEVER D.W., MULLEN M.A., PRESS J.W., ARBOGAST R.T., 1986 – Augmentation of natural enemies for suppressing two major insect pests in stored farmers stock peanuts. - Environmental Entomology, 15(3): 767-770.
- LATTIN J.D., 2000 – Minute Pirate Bugs (Anthocoridae) in Heteroptera of Economic importance. - Schaefer C.W. Panizzi A.R., Eds. CRC Press, Washington, pp. 607-637.
- LECATO G.L., COLLINS J.M., 1976 – Xylocoris flavipes: maximum kill of Tribolium castaneum and minimum kill required for survival of the predator. - Environmental Entomology, 5: 1059-1061.
- LECATO G.L., DAVIS R., 1973 – Preferences of the predator Xylocoris flavipes (Hemiptera: Anthocoridae) for species and instars of stored products insects. - Florida Entomologist 56: 57-59.
- LUKÁS J., STEISKAL V., JAROŠIK V., HUBERT J., ŽDÁRKOVÁ E., 2007 – Differential natural performance of four Cheyletus predatory mite species in Czech grain stores. - Journal of Stored Products Research, 43: 97-102.
- NGAMO T.S.L., KOUNINKI H., LADANG Y.D., NGASSOUM M.B., MAPONGMESTEM P.M., HANCE T., 2007 – Potential of Anisopteromalus calandrae (Hymenoptera: Pteromalidae) as biological control agent of Callosobruchus maculatus (F.) (Coleoptera: Bruchidae). - African Journal Agricultural Researches, 2: 168-172.
- NIEDERMAYER S., STEIDLE J.L.M., 2007 – Influence of extreme temperature in grain stores on the parasitization ability of beneficial insects in stored product protection. - 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html>; <http://orgprints.org/9631/>.
- PEKÁR S., ŽDÁRKOVÁ E., 2004 – A model of the biological control of Acarus siro by Cheyletus eruditus (Acar: Acaridae, Cheyletidae) on grain. - Journal of Pest Science, 77: 1-10.
- PERICART J., 1972 – Hémiptères, Anthocoridae, Cimicidae et Microsiphidae de l'Ouest-Paléartique. - Masson et Cie., Paris, 402 pp.
- PROZELL S., SCHÖLLER M., 1998 – Insect fauna of a bakery, processing organic grain and applying Trichogramma evanescens Westwood. - Integrated protection of stored products. IOBC/WPRS Bulletin, 21: 39-44.
- RAHMAN M.M., ISLAM W., AHMED K.N., 2009 – Functional response of the predator Xylocoris flavipes to three stored product insects pests. - International Journal of Agriculture & Biology, 11(3): 316-320.
- REICHMUTH C., 2000 – Biological control in stored product protection. - IOBC/WPRS Bulletin, 23(10): 11-23.
- RUSO A., COCUZZA G.E., VASTA M.C., 2004 – Life tables of Xylocoris flavipes (Hemiptera: Anthocoridae) feeding on Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). - Journal of Stored Products Research, 40: 103-112.
- RUSO A., TROPEA GARZIA G., VACANTE V., SPINA L., 1996 – Indagini preliminari sugli acari dei cereali da granella in Sicilia. - Disinfestazione, 13(4): 12-15.
- RYOO M.I., HONG Y.S., YOO C.K., 1991 – Relationship between temperature and development of Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae), an ectoparasitoid of Sitophilus oryzae (Coleoptera : Curculionidae). - Journal of Economic Entomology, 84: 825-829.
- RYOO M.I., YOON T.J., SHIN S.S., 1996 – Intra- and interspecific competition among two parasitoids of the rice weevil (Coleoptera : Curculionidae). - Environmental entomology, 25: 1101-1108.
- SAULICH A.K., MUSOLIN D.L., 2009 – Seasonal Development and Ecology of Anthocorids (Heteroptera, Anthocoridae). - Entomological Review, 89(5): 501-528.
- SAVOLDELLI S., 2007 – Sviluppo di Xylocoris galactinus (Fieber) (Hemiptera Anthocoridae) su larve di Tribolium spp. - Atti 8° Simposio La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti. Piacenza, 26-28 settembre 2007: 361-366
- SCHÖLLER M., 2010 – Biological control of stored-product insects in commodities, food processing facilities and museums. - Proceedings 10th International Working Conference on Stored Product Protection: 599-609.
- SCHÖLLER M., HASSAN S.A., 2001 – Comparative biology and life tables of Trichogramma evanescens and T. cacoeciae with Ephestia elutella as host at four constant temperatures. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 98: 35-40.
- SCHÖLLER M., HASSAN S.A., REICHMUTH C., 1996 – Efficacy assessment of Trichogramma evanescens and T. embryophagum (Hym.: Trichogrammatidae), for control of stored products moth pests in bulk wheat. - Entomophaga, 41(1): 125-132.
- SCHÖLLER M., PROZELL S., AL-KIRSHI A.-G., REICHMUTH C., 1997 – Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. - Journal of Stored Products Research, 33: 81-97.

- SCHÖLLER M., PROZELL S., 2002 – *Response of Trichogramma evanescens to the main sex pheromone component of Ephesttia spp. and Plodia interpunctella (Z,E)-9,12-tetra-decadienyl acetate (ZETA)*. - Journal of Stored Products Research, 38: 177-184.
- SHIN S.S., CHUN Y.S., RYOO M.I., 1994 – *Functional and numerical responses of Anisopteromalus calandrae and Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae) to the various densities of an alternative host*. - Korean Journal of Entomology, 24: 199-206.
- STEIDLE J.L.M., 1998 – *The biology of Lariophagus distinguendus, a natural enemy of stored products pest and potential candidate for biological control*. IOBC/WPRS Bulletin, 21: 103-109.
- STEIDLE J.L.M., REES D., WRIGHT E.J., 2001 – *Assessment of Australian Trichogramma species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as control agents of stored products moths*. - Journal of Stored Products Research, 37: 263-275.
- STEIDLE J.L.M., SCHÖLLER M., 1997 – *Olfactory host location and learning in the granary weevil parasitoid Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae)*. - Entomologia Experimentalis et Applicata, 95: 185-192.
- STEIDLE J.L.M., SCHÖLLER M., 2002 – *Fecundity and ability of the parasitoid Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae) to find larvae of the granary weevil Sitophilus granarius (Coleoptera: Curculionidae)*. - Journal of Stored Products Research, 38: 43-53.
- STEINER S., STEIDLE J.L.M., RUTHER J., 2007 – *Host-associated kairomones used for habitat orientation in the parasitoid Lariophagus distinguendus (Hymenoptera: Pteromalidae)*. - Journal of Stored Products Research: 587-593.
- STEJSKAL V., HUBET J., LUKÁŠ J., 2002 – *Species richness and pest control complexity: will multispecies infestations always require a "multi-bioagent" control?* - IOBC/WPRS Bulletin 25(3): 1-7.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., 2001 – *I parassiti delle derrate. Riconoscimento e gestione delle infestazioni nelle industrie alimentari*. - Calderini Edagricole, Bologna, 363 pp.
- SÜSS L., SAVOLDELLI S., 2007 – *La lotta integrata nelle aziende alimentari: limiti e possibilità*. - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, 55: 69-71.
- TAWFIK M.F.S., EL-HUSSEINI M.M., 1971 – *The life history of Xylocoris (=Piezostethus) galactinus Fieb. (Hemiptera: Anthocoridae)*. - Bulletin of the Entomological Society of Egypt, 55: 171-183.
- THIND B.B., FORD H.L., 2006 – *Laboratory studies on the use of two new arenas to evaluate the impact of the predatory mites Blattisocius tarsalis and Cheyletus eruditus on residual populations of the stored product mite Acarus siro*. - Experimental and Applied Acarology, 38: 167-180.
- VET L.E.M., DICKE M., 1992 – *Ecology of infochemical used by natural enemies in a tritrophic context*. - Annual Review of Entomology, 37: 141-172.
- VIRONE G., 2008 – *Xylocoris flavipes (Reuter) (Heteroptera: Anthocoridae): agente di contenimento dei coleotteri infestanti la filiera cerealicola*. - Tesi di Dottorato di Ricerca. Dottorato di ricerca in tecnologia fitosanitarie, XX ciclo. Università di Catania, 105 pp.
- WILLIAMS R.N., FLYOID E.H., 1971 – *Effect of two parasitoids Anisopteromalus calandrae and Choetospila elegans, upon population of maize weevil under laboratory and natural conditions*. - Journal of Economic Entomology, 64: 1407-1408.
- ŽĎÁRKOVÁ E., 1986 – *Mass rearing of the predator Cheyletus eruditus (Schrank) (Acarina: Cheyletidae) for biological control of acrid mites infesting stored products*. - Crop Protection, 5(2): 122-124.
- ŽĎÁRKOVÁ E., 1994 – *The effectiveness of organophosphate acaricides on stored product mites interacting in biological control*. - Experimental and Applied Acarology, 18: 747-751.
- ŽĎÁRKOVÁ E., 1996 – *Pheromone traps for detection of stored product mites*. - 2nd Symposium of EURAAC, Krynica, Poland, 1992: 683-687.
- ŽĎÁRKOVÁ E., 2001 – *Objectives of the Working Group 4: Present stage and future*. Proceedings of 1st meeting of the Working group 4: Lisbon, 6-7th September 2001. Bio-control of arthropod pests in the stored products: 8-23.
- ŽĎÁRKOVÁ E., HORÁK P., 1999 – *Development of Cheyletus eruditus (Schrank) at low temperatures*. - Plant Protection Science, 35(1): 14-16.
- ZHONG B.Z., XU Z.F., QIN W.Q., 2009 – *Influence of temperature on functional response of Habrobracon hebetor (Hymenoptera: Braconidae) attacking larvae of Plodia interpunctella Hübner (Lepidoptera: Pyralidae)*. - Acta Entomologica Sinica, 52(4): 395-400.

ATTIVITÀ BIOLOGICA DI COMPOSTI VOLATILI DEI CEREALI VERSO *SITOPHILUS* SPP.

GIACINTO SALVATORE GERMINARA (*) - ANTONIO DE CRISTOFARO (**) - GIUSEPPE ROTUNDO (**)

(*) *Dipartimento di Scienze Agro-ambientali, Chimica e Difesa Vegetale, Università degli Studi di Foggia, Via Napoli 25 - 71100 Foggia.*
(**) *Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, Università degli Studi del Molise, Via De Sanctis - 86100 Campobasso.*
Lettura tenuta durante la Tavola rotonda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011.

Bioactivity of cereal volatiles towards Sitophilus spp.

Several studies have been aimed at the evaluation of the biological activity of cereal volatiles towards *Sitophilus granarius* (L.), *S. oryzae* (L.), and *S. zeamais* Motschulsky in order to find new bioactive molecules to be used to improve current control strategies. In the absence of visual stimuli, odours emitted by grains of various cereals attract adults of the three species. Such attractiveness is higher when the grains are broken mainly due to an increased release of volatile compounds. Detailed chemical analyses identified volatiles emitted by grains of different cereal species and elucidated as their profile change during storage and processing. Electrophysiological studies demonstrated the capability of the antennal olfactory system of *Sitophilus* spp. adults to perceive a wide variety of cereal volatiles. In olfactometer bioassays, testing the behavioural activity of various EAG-active compounds to the three weevils both attractants and repellents were found. In many cases, the behavioural response was dose-dependent. Some repellent compounds were effective in reducing or inhibiting the attractiveness of cereal grains towards adult weevils. Moreover, some highly volatile repellents showed a marked fumigant toxicity.

On the whole, studies demonstrated that cereal volatiles play an important role in the host finding process by *Sitophilus* spp. and suggested that insects' choices depend, in part at least, on the balance of attractant and repellent stimuli. Prospects for practical application of bioactive compounds for the development of semiochemicals-based *Sitophilus* spp. management systems are discussed.

KEY WORDS: weevils, semiochemicals, attractant, repellent, natural fumigants, stored-products pests, Integrated Pest Management.

INTRODUZIONE

Sitophilus granarius (L.), *S. oryzae* (L.) e *S. zeamais* Motschulsky, rispettivamente noti come Punteruolo del grano, del riso e del mais, sono importanti infestanti primari dei cereali immagazzinati in grado di attaccare anche grano saraceno, ghiande, castagne secche, leguminose da granella, paste alimentari (DOMENICHINI, 1997; SÜSS & LOCATELLI, 2001).

Il controllo di tali specie, difficile per lo sviluppo endofitico degli stadi giovanili, è reso ulteriormente complicato dalle limitazioni legislative imposte all'uso del bromuro di metile e di alcuni principi attivi di sintesi ad attività residuale. Di contro, una sempre maggiore attenzione è posta dai consumatori per alimenti sani e sicuri e verso problematiche di natura ambientale. Per tali motivi, da diversi anni, la ricerca è indirizzata verso l'individuazione di molecole biologicamente attive da utilizzare per la messa a punto di strategie innovative ed ecosostenibili di lotta. In tale contesto, un contributo significativo di nuove

conoscenze è stato fornito dallo studio dei semiochimici delle tre specie.

I semiochimici sono messaggeri chimici intraspecifici (feromoni) ed interspecifici (allelochimici) che regolano vari aspetti della vita di relazione degli insetti. La loro caratteristica principale è la capacità di agire come modificatori del comportamento che, associata ad un'elevata specificità, rende tali molecole particolarmente idonee per la messa a punto di mezzi indiretti (catture spia) e diretti (cattura massale, lotta attratticida, confusione sessuale, disorientamento) di lotta contro le specie dannose.

Studi sui semiochimici intraspecifici dei tre curculionidi hanno portato all'identificazione del feromone di aggregazione di *S. granarius* [1-etilpropil-(2S,3R)-3-idrossi-2-metilpentanoato] (PHILLIPS *et al.*, 1989; CHAMBERS *et al.*, 1996) e di *S. oryzae* e *S. zeamais* [(4S,5R)-5-idrossi-4-metileptan-3-one] (SCHMUFF *et al.*, 1984; WALGENBACH *et al.*, 1987 b). Tali molecole, formulate in opportuni erogatori e trappole, sono correntemente utilizzate per rilevare la presenza degli adulti e seguire

l'andamento delle popolazioni nei depositi di cereali e nelle industrie alimentari.

Diverse ricerche sono state indirizzate anche all'identificazione di semiochimici interspecifici coinvolti nelle interazioni *Sitophilus* spp. e cereali. Gli adulti delle tre specie necessitano di localizzare adeguatamente i propri ospiti per soddisfare esigenze alimentari, di accoppiamento e di ovideposizione ma anche per evitare la colonizzazione di substrati sub-ottimali (VISSER, 1986; AGELOPOULOS *et al.*, 1999). Il processo di localizzazione dell'ospite da parte di un fitofago è in genere suddiviso in (i) localizzazione dell'habitat, (ii) localizzazione dell'ospite e (iii) accettazione dell'ospite. Nelle prime due fasi, gli insetti utilizzano principalmente stimoli chimici volatili emessi dalle piante mentre, nella terza, prevalgono stimoli chimici di contatto. In ciascuna fase, la scelta dell'insetto dipende dal bilancio tra stimoli positivi e negativi (DETHIER, 1982; MILLER & STRICKLER, 1984), come evidenziato anche in *S. granarius* (GERMINARA *et al.*, 2008). È evidente che i composti volatili dei cereali, ospiti preferiti dai tre curculionidi, rappresentano un'importante fonte di molecole bioattive potenzialmente utilizzabili per la messa a punto di nuove strategie di controllo.

L'identificazione di composti volatili di origine vegetale attivi verso un fitofago richiede l'individuazione di una sorgente naturale attrattiva, l'estrazione e la caratterizzazione chimica dei composti volatili emessi, la dimostrazione che il sistema olfattivo dell'insetto è in grado di percepire almeno parte dei composti identificati, lo studio della risposta comportamentale dell'insetto verso diverse dosi di composti singoli e loro miscele. Per le tre specie di *Sitophilus* sono stati condotti studi relativamente ad una o più delle suddette fasi della ricerca che hanno portato all'identificazione di molecole ad attività attrattiva (caiomoni) e repellente (allomoni).

ATTRATTIVITÀ DI CEREALI E LORO ESTRATTI

L'attrattività di vari cereali verso gli adulti dei tre curculionidi è stata ampiamente dimostrata. Gli adulti di *S. granarius* sono attratti dagli odori emessi da cariossidi di frumento e l'attrattività del cereale conservato è maggiore rispetto a quella del frumento appena raccolto (LEVINSON & LEVINSON, 1978; LEVINSON & KANAUIA, 1981), probabilmente per un maggiore rilascio di alcune sostanze volatili attrattive (GERMINARA *et al.*, 2008). Entrambi i sessi della stessa specie rispondono positivamente ad estratti da cariossidi di frumento ottenuti con solventi a diversa polarità (LEVINSON & KANAUIA, 1982). Gli adulti di *S. oryzae* sono attratti dagli odori di riso,

mais, frumento e farro e, per alcuni di questi cereali, l'attrattività aumenta in seguito alla rottura della cariosside (TREMATERRA & GIRGENTI, 1989; TREMATERRA *et al.*, 1999). Effetti attrattivi verso *S. zeamais* sono riportati per le cariossidi di mais e riso e loro estratti (HONDA *et al.*, 1969; TIPPING *et al.*, 1986; TREMATERRA *et al.*, 2007; TREMATERRA, 2009) e per quelle di frumento tenero (UKEH *et al.*, 2010).

È stato accertato che gli odori delle cariossidi rotte di alcuni cereali hanno effetti additivi, in alcuni casi sinergici, sull'attrattività del feromone di aggregazione in *S. oryzae* e *S. zeamais* (WALGENBACH *et al.*, 1987 a; TREMATERRA & GIRGENTI, 1989; PHILLIPS *et al.*, 1993; LIKHAYO & HODGES, 2000). L'uso combinato di tali stimoli permette di migliorare la sensibilità delle trappole a feromone per il monitoraggio dei curculionidi con vantaggi pratici evidenti in considerazione delle difficoltà di controllo dovute allo sviluppo endofitico degli stadi preimmaginali e della conseguente necessità di effettuare trattamenti tempestivi contro gli adulti.

IDENTIFICAZIONE DI COMPOSTI VOLATILI

La caratterizzazione chimica dei composti volatili emessi da diverse specie di cereali e prodotti derivati è stata oggetto di estesi studi soprattutto nel campo delle tecnologie alimentari. Tali ricerche hanno permesso di identificare non solo le diverse decine di composti che concorrono a formare l'aroma di vari cereali ma anche di chiarire le variazioni che i profili aromatici subiscono durante lo stoccaggio ed i vari processi di trasformazione.

Una caratteristica comune alle cariossidi dei diversi cereali è il rilascio limitato di sostanze volatili dovuto alla presenza del pericarpo e alla sua naturale azione protettiva (BULLARD & HOLGUIN, 1977; ZHOU *et al.*, 1999). Per tale motivo, in diversi lavori di identificazione si è fatto ricorso alla rottura meccanica della granella e al suo riscaldamento prima e durante l'estrazione. Tali trattamenti determinano un maggior rilascio di sostanze volatili ma non inducono variazioni qualitative apprezzabili della miscela odorosa (HOUGEN *et al.*, 1971).

I componenti principali degli odori dei diversi cereali sono composti alifatici saturi e insaturi a corta catena (aldeidi, alcoli e chetoni) e composti aromatici; in misura minore, si riscontrano anche idrocarburi e composti terpenici (MAGA, 1978; ZHOU *et al.*, 1999).

Nel complesso, le accurate indagini chimiche, condotte per la caratterizzazione dell'aroma dei cereali, danno un valido contributo allo studio dei semiochimici coinvolti nelle interazioni *Sitophilus* spp. e cereali.

PERCEZIONE OLFATTIVA DI SOSTANZE VOLATILI

La capacità del sistema olfattivo periferico di un insetto di percepire composti volatili può essere dimostrata e misurata attraverso tecniche elettrofisiologiche condotte a livello antennale (elettroantennografia, EAG), sensillare (Single Sensillum Recording, SSR) e cellulare (Single Cell Recording, SCR). Tali tecniche permettono di selezionare sostanze a presunta attività biologica in quanto un composto elettrofisiologicamente attivo in genere svolge, da solo o in combinazione con altri stimoli, un ruolo biologico (ROTUNDO, 1994).

Nelle tre specie di *Sitophilus*, la presenza di sensilli chemiorecettori è limitata alla regione terminale dell'ultimo antennero, come chiaramente evidenziato in *S. granarius* (LEVINSON & KANAUIA, 1982). Uno studio sulle risposte EAG di maschi e femmine di *S. granarius* e *S. zeamais* verso 32 composti volatili, identificati dalle cariossidi di diversi cereali (grano, mais, orzo, riso, avena, segale), ha dimostrato la capacità dei sistemi olfattivi di percepire un'ampia varietà di tali sostanze (GERMINARA *et al.*, 2002). Tra le due specie e tra i sessi della stessa specie esistono differenze di sensibilità olfattiva verso gli stessi composti, probabilmente dovute ad un diverso numero di neuroni olfattivi deputati alla loro percezione.

La sensibilità olfattiva di *S. granarius* è risultata maggiore di quella di *S. zeamais*. In entrambe le specie, gli alcoli ed i chetoni alifatici sono risultati i composti elettrofisiologicamente più attivi e le femmine hanno mostrato una maggiore capacità di discriminare tra gli odori di origine vegetale, probabilmente per l'esigenza di localizzare il substrato di ovideposizione. Del resto, per le specie le cui larve non sono in grado di allontanarsi da un substrato inadatto, come *Sitophilus* spp., l'individuazione di un sito di ovideposizione ottimale è di fondamentale importanza per la loro sopravvivenza (RENEWICK, 1989).

RISPOSTE COMPORTAMENTALI

La risposta comportamentale (attrazione, repellenza) degli adulti delle tre specie di *Sitophilus* verso stimoli chimici volatili è stata studiata principalmente mediante "pitfall bioassays" ovvero biosaggi con trappola a caduta, nelle versioni a scelta doppia (PHILLIPS & BURKHOLDER, 1981) e singola (MORGAN *et al.*, 1998). Per *S. granarius*, è stata dimostrata la corrispondenza tra i risultati ottenuti mediante pitfall bioassay ed olfattometro ad Y (COLLINS *et al.*, 2004). Le condizioni sperimentali adottate in tali biosaggi non sono generalizzabili per le diverse specie e per ognuna di esse hanno richiesto opportuni ade-

guamenti al fine di ottimizzare le differenze tra le risposte allo stimolo ed al controllo.

Tra le sostanze volatili dei cereali, pentanale, maltolo e vanillina sono attrattivi per gli adulti di *S. oryzae* e svolgono un effetto additivo sulla risposta del curculionide al feromone di aggregazione (PHILLIPS *et al.*, 1993). Al contrario, in *S. zeamais* una miscela sintetica di volatili identificati dalle cariossidi di mais in combinazione con il feromone di aggregazione non ha indotto, rispetto al feromone, un significativo aumento delle catture nelle trappole (HODGES *et al.*, 1998).

Lo studio della risposta comportamentale degli adulti di *S. granarius* a diverse dosi di 21 composti volatili dei cereali EAG attivi ha individuato cinque sostanze attrattive (1-butanolo, 3-metil-1-butanolo, pentanale, maltolo, vanillina), dodici repellenti [1-esanolo, butanale, esanale, eptanale, (*E*)-2-esanale, (*E,E*)-2,4-nonadienale, (*E,E*)-2,4-decadienale, 2,3-butandione, 2-pentanone, 2-esanone, 2-eptanone, furfurale] e tre sostanze attrattive a dosi basse e repellenti a dosi elevate [1-pentanolo, (*E,E*)-2,4-eptadienale, fenilacetaldeide] (GERMINARA *et al.*, 2008). Saggiando gli stessi composti, alle medesime dosi, sono stati individuati 11 attrattivi e 3 repellenti per gli adulti di *S. zeamais* e 14 attrattivi e 7 repellenti per quelli di *S. oryzae* (dati non pubblicati). Il minor numero di composti attrattivi ed il maggior numero di repellenti, individuati per *S. granarius*, è probabilmente dovuto alla più limitata nicchia ecologica occupata da tale specie, presente solo negli ambienti di conservazione e, di conseguenza, alla maggiore necessità di evitare substrati sub-ottimali di alimentazione e di ovideposizione.

La formazione di alcuni composti repellenti può aumentare durante la conservazione dei cereali in seguito a processi degradativi a carico dei diversi componenti della cariossidi (PIGGOT *et al.*, 1991; HEINIÖ *et al.*, 2002; MOLTEBERG *et al.*, 1996), spesso innescati dallo sviluppo di microrganismi (MAGAN & EVANS, 2000). Un fenomeno comune ai tre curculionidi è la stretta correlazione tra la dose di tali composti e l'intensità della risposta di repellenza, indicativa di una notevole capacità di rilevare variazioni quantitative nel profilo odoroso dei cereali e di adottare opportuni comportamenti.

Studi sono stati condotti per valutare la capacità degli attrattivi e dei repellenti di interferire sul processo di localizzazione dell'ospite nelle tre specie di *Sitophilus*. Nel complesso, singole sostanze attrattive e loro miscele hanno una limitata capacità di competere con il substrato naturale mentre vari composti repellenti, da soli e ancor più in miscela, sono in grado di inibire o ridurre l'attrattività del substrato ospite verso gli adulti (GERMINARA *et al.*, 2007; GERMINARA *et al.*, 2011 a).

Per alcuni repellenti molto volatili è stata osservata anche un'elevata tossicità per inalazione. Tra questi, risultati del tutto comparabili a quelli di altri fumiganti naturali (RAJENDRAN & SRIRANJINI, 2008), sono stati mostrati dall'acido propionico e dalle aldeidi (*E*)-2-esenale, (*E*)-2-nonenale ed (*E,Z*)-2,6-nonadienale verso *S. granarius* e *S. oryzae* (GERMINARA *et al.*, 2007; HUBERT *et al.*, 2008) e dai chetoni 2-pentanone, 2-esanone e 2-eptanone verso *S. granarius* (GERMINARA *et al.*, 2011 a).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Studi elettrofisiologici e comportamentali dimostrano che sostanze volatili dei cereali sono coinvolte nei processi di localizzazione dell'habitat e dell'ospite delle tre specie di *Sitophilus* spp. Ricerche sono necessarie per individuare eventuali stimoli chimici di contatto probabilmente coinvolti nella fase di accettazione dell'ospite.

Sono stati identificati vari composti dei cereali, ad attività attrattiva (caïromoni) e repellente (allomoni), in grado di agire come modificatori del comportamento degli insetti e, quindi, potenzialmente utili per la messa a punto di nuove strategie ecosostenibili di lotta. Rispetto agli insetticidi di sintesi, infatti, i semiochimici sono più sicuri per la salute degli operatori e dei consumatori e a minor impatto per l'ambiente in quanto normalmente presenti in natura, attivi a basse dosi, facilmente biodegradabili e con bassissima tossicità verso i vertebrati.

Le sostanze attrattive mostrano buone possibilità di impiego per potenziare l'attività dei feromoni di aggregazione dei tre curculionidi e, quindi, per migliorare l'efficacia degli attuali sistemi di monitoraggio. La scarsa capacità, delle sostanze attrattive attualmente note, di competere con il substrato naturale non lascia intravedere ulteriori prospettive di applicazione pratica.

Risultati incoraggianti sono stati ottenuti con le sostanze repellenti. Alcune di esse, anche a basse dosi, inibiscono efficacemente l'orientamento degli adulti di *Sitophilus* spp. verso le cariossidi di cereale, probabilmente per un meccanismo di alterazione del blend odoroso non più riconosciuto dall'insetto, come dimostrato anche in altre specie (NAJAR-RODRIGUEZ *et al.*, 2010; CHA *et al.*, 2011). Tra le molecole repellenti, diverse sono classificate come sostanze sicure (GRAS, Generally Regarded as Safe) dalla Food and Drug Administration ed autorizzate all'uso come additivi in campo alimentare, in cui potrebbero trovare applicazione anche per la prevenzione delle infestazioni. Una possibilità è quella di preparare imballaggi repellenti per inibire la penetrazione degli insetti nelle confezioni (GERMINARA

et al., 2010; GERMINARA *et al.*, 2011 b). Gli stessi composti potrebbero essere utilizzati per creare barriere chimiche in grado di mascherare gli odori delle masse di cereali ed impedirne la localizzazione da parte degli insetti. Altra potenziale applicazione è la bioirritazione degli infestanti durante i trattamenti insetticidi con prodotti di contatto al fine di migliorarne l'efficacia in conseguenza della maggiore motilità indotta negli insetti (COX, 2004). Infine, l'attività fumigante, mostrata da alcuni repellenti, apre nuove prospettive di applicazione di tali molecole per il trattamento dei cereali durante lo stoccaggio.

Attualmente, la rapidità di degradazione e la conseguente bassa persistenza dei repellenti e dei fumiganti naturali sono i fattori principali che ne limitano l'applicazione su larga scala. In futuro, pertanto, lo sviluppo di applicazioni pratiche dipenderà dai risultati di ricerche indirizzate alla messa a punto di sistemi di rilascio controllato, in grado di preservare la stabilità e l'attività biologica delle molecole per il tempo necessario affinché esse possano svolgere efficacemente la loro azione.

RIASSUNTO

Allo scopo di individuare nuove molecole bioattive per migliorare le attuali strategie di controllo di *Sitophilus granarius* (L.), *S. oryzae* (L.) e *S. zeamais* Motschulsky, da diversi anni, numerose ricerche sono indirizzate alla valutazione dell'attività biologica di composti volatili dei cereali verso i tre curculionidi. Gli odori emessi dalle cariossidi di diversi cereali svolgono, in assenza di stimoli visivi, una marcata azione attrattiva verso gli adulti delle tre specie e tale attrattività aumenta con la rottura delle cariossidi per effetto di un maggior rilascio di composti volatili. Approfondite analisi chimiche hanno portato all'identificazione delle sostanze volatili emesse da diversi cereali e chiarito come esse variano durante lo stoccaggio ed i processi di trasformazione. Studi elettrofisiologici hanno dimostrato la capacità del sistema olfattivo antennale degli adulti di *Sitophilus* spp. di percepire un'ampia varietà di composti volatili dei cereali. In saggi olfattometrici, gli adulti delle tre specie hanno esibito risposte comportamentali di attrazione e di repellenza, spesso dipendenti dalla dose, verso vari composti EAG attivi. Diversi repellenti sono risultati efficaci nell'inibire l'attrattività delle cariossidi di cereali verso gli adulti dei curculionidi. Alcuni repellenti hanno anche una marcata tossicità per inalazione.

Nel complesso, gli studi indicano che composti volatili dei cereali svolgono un ruolo importante nel processo di ricerca dell'ospite in *Sitophilus* spp. e suggeriscono che le scelte degli insetti dipendono, almeno in parte, dal bilancio tra stimoli chimici attrattivi e repellenti. Sono discusse le principali prospettive di applicazione pratica dei composti bioattivi identificati per il controllo integrato dei tre curculionidi.

BIBLIOGRAFIA

AGELOPOULOS N., BIRKETT M.A., HICK A.J., HOOPER A.M., PICKETT J.A., POW E.M., SMART L.E., SMILEY D.W.M., WADHAMS L.J., WOODCOCK C.M., 1999 - *Exploiting semiochemicals in insect control*. - Pestic. Sci., 55: 225-35.

- BULLARD R.W., HOLGUIN G., 1977 - *Volatile components of unprocessed Rice (Oryza sativa L.)*. - J. Agric. Food Chem., 25: 99-103.
- CHA D.H., LINN C.E., TEAL P.E.A., ZHANG A., ROELOFS W.L., LOEB G.M., 2011 - *Eavesdropping on plant volatiles by a specialist moth: significance of ratio and concentration*. - PLoS ONE 6:e17033.
- CHAMBERS J., VAN WYK C.B., WHITE P.R., GERRARD C.M., MORI K., 1996 - *Grain weevil, Sitophilus granarius (L.): antennal and behavioral responses to male-produced volatiles*. - J. Chem. Ecol., 22: 1639-1654.
- COLLINS L.E., WAKEFIELD M.E., CHAMBERS J., COX P.D., 2004 - *Progress towards a multi-species lure: comparison of behavioural bioassay methods for multi-species attractants against three pests of stored grain*. - J. Stored Prod. Res., 40: 341-353.
- COX P.D., 2004 - *Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation*. - J. Stored Prod. Res., 40: 1-25.
- DETHIER V.G., 1982 - *Mechanism of host-plant recognition*. - Ent. Exp. et Appl., 31: 49-56.
- DOMENICHINI G., 1997 - *Atlante delle impurità solide negli alimenti*. Chiriotti Editori, Pinerolo (To), Italia: 408 pp.
- GERMINARA G.S., ROTUNDO G., DE CRISTOFARO A., GIACOMETTI R., 2002 - *Risposte elettroantennografiche di Sitophilus granarius (L.) e S. zeamais Motschulsky a sostanze volatili dei cereali*. - Tec. Molit., 53: 27-34.
- GERMINARA G.S., DE CRISTOFARO A., ROTUNDO G., 2007 - *Repellence and fumigant toxicity of propionic acid against adults of Sitophilus granarius (L.) and S. oryzae (L.)*. - J. Stored Prod. Res., 43: 229-233.
- GERMINARA G.S., DE CRISTOFARO A., ROTUNDO G., 2008 - *Behavioral responses of adult Sitophilus granarius to individual cereal volatiles*. - J. Chem. Ecol., 34: 523-529.
- GERMINARA G.S., CONTE A., LECCE L., DI PALMA A., DEL NOBILE M.A., 2010 - *Propionic acid in bio-based packaging to prevent Sitophilus granarius (L.) (Coleoptera, Dryophthoridae) infestation in cereal products*. - Inno. Food Sci. Emerg. Technol., 11: 498-502.
- GERMINARA G.S., DE CRISTOFARO A., ROTUNDO G., 2011 a - *Bioactivity of short-chain aliphatic ketones against adults of the granary weevil, Sitophilus granarius (L.)*. - Pest Manag. Sci., doi:10.1002/ps.2272, in stampa.
- GERMINARA G.S., CONTE A., DE CRISTOFARO A., LECCE L., DI PALMA A., ROTUNDO G., DEL NOBILE M.A., 2011 b - *Electrophysiological and behavioral activity of (E)-2-hexenal in the granary weevil and its application in food packaging*. - J. Food Prot., doi:10.4315/0362-028XJFP-11-142, in stampa.
- HEINIÖ R.-L., LEHTINEN P., OKSMAN-CALDENTY K.-M., POUTANEN K., 2002 - *Differences between sensory profiles and development of rancidity during long-term storage of native and processed oat*. - Cereal Chem., 79: 367-375.
- HODGES R.J., HALL D.R., MBUGUA J.N., LIKHAYO P.W., 1998 - *The responses of Prostephanus truncatus (Coleoptera: Bostrichidae) and Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and synthetic maize volatiles as lures in crevice or flight traps*. - Bull. Entomol. Res., 88: 131-139.
- HONDA H., YAMAMOTO I., YAMAMOTO R., 1969 - *Attractant for rice weevil Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Rhynchophoridae) from rice grains. 1. Bioassay method for the attractancy of rice grains to rice weevils*. - Appl. Entomol. Zool., 4: 23-31.
- HOUGEN F.W., QUILLIAM M.A., CURRAN W.A., 1971 - *Headspace vapors from cereal grains*. - J. Agric. Food Chem., 19: 182-183.
- HUBERT J., MÜNZBERGOVÁ Z., SANTINO A., 2008 - *Plant volatile aldehydes as natural insecticides against stored-product beetles*. - Pest Manag. Sci., 64: 57-64.
- LEVINSON H.Z., LEVINSON A.R., 1978 - *Dried seeds, plant and animal tissues as food favoured by storage insect species*. - Entomol. Exp. Appl., 24: 305-317.
- LEVINSON H.Z., KANAUIA K.R., 1981 - *Phagostimulatory responses of male and female Sitophilus granarius to newly harvested and stored wheat grains*. - Naturwissenschaften, 68: 44.
- LEVINSON H.Z., KANAUIA K.R., 1982 - *Feeding and oviposition behaviour of the granary weevil (Sitophilus granarius L.) induced by stored wheat, wheat extracts and dummies*. - Z. Angew. Entomol., 93: 292-305.
- LIKHAYO P.W., HODGES R.J., 2000 - *Field monitoring Sitophilus zeamais and Sitophilus oryzae (Coleoptera: Curculionidae) using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat*. - J. Stored Prod. Res., 36: 341-353.
- MAGA J.A., 1978 - *Cereal volatiles: a review*. - J. Agric. Food Chem., 26: 175-178.
- MAGAN N., EVANS P., 2000 - *Volatiles as an indicator of fungal activity and differentiation between species, and the potential use of electronic nose technology for early detection of grain spoilage*. - J. Stored Prod. Res., 36: 319-340.
- MILLER J.R., STRICKLER K.S., 1984 - *Finding and accepting host plants*. In: BELL W.J., CARDE R.J. (Eds.). Chemical ecology of insects. Chapman and Hall, London, pp. 127-157.
- MOLTEBERG E.L., MAGNUS E.M., BJØRGE J.M., NILSSON A., 1996 - *Sensory and chemical studies of lipid oxidation in raw and heat-treated oat flours*. - Cereal Chem., 73: 579-587.
- MORGAN, C., SHERINGTON, J., GUDRUPS, I., BOWDEN, N.S., 1998 - *The assessment of potential attractants to beetle pests: improvements to laboratory pitfall bioassay methods*. - J. Stored Prod. Res., 34: 59-74.
- NAJAR-RODRIGUEZ A.J., GALIZIA C.G., STIERLE J., DORN S., 2010 - *Behavioral and neurophysiological responses of an insect to changing ratios of constituents in host plant-derived volatile mixtures*. - J. Exp. Biol., 213: 3388-3397.
- PHILLIPS, J.K., BURKHOLDER, W.E., 1981 - *Evidence for a male produced aggregation pheromone in the rice weevil*. - J. Econ. Entomol., 47: 539-542.
- PHILLIPS J.K., CHONG J.M., ANDERSEN J.F., BURKHOLDER W.E., 1989 - *Determination of the enantiomeric composition of (R*,S*)-1-ethylpropyl 2-methyl-3-hydroxypentanoate, the male produced aggregation pheromone of Sitophilus granarius*. Entomol. - Exp. Appl., 51: 149-153.
- PHILLIPS T.W., JIANG X.-L., BURKHOLDER W.E., PHILLIPS J.K., TRAN, H.Q., 1993 - *Behavioral responses to food volatiles by two species of stored-product Coleoptera, Sitophilus oryzae (Curculionidae) and Tribolium castaneum (Tenebrionidae)*. - J. Chem. Ecol., 19: 723-734.
- PIGGOT J.R., MORRISON W.R., CLYNE J., 1991 - *Changes in lipids and in sensory attributes on storage of rice milled to different degrees*. - Int. J. Food Sci. Technol., 26: 615-628.
- RAJENDRAN S., SRIRANJINI V., 2008 - *Plant products as fumigants for stored-product insect control*. - J. Stored Prod. Res., 44: 126-135.
- RENWICK J.A.A., 1989 - *Chemical ecology of phytophagous insects*. - Experientia, 45: 223-228.
- ROTUNDO G., 1994 - *Il contributo dell' elettroanten-*

- nografia allo studio dei feromoni sessuali degli insetti*. Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Udine, 13-18 giugno: 385-397.
- SCHMUFF N.R., PHILIPS J.K., BURKHOLDER W.E., FALES H.M., CHEN C.-W., ROLLER P.P., MA M., 1984 - *The chemical identification of the rice weevil and maize weevil aggregation pheromone*. - *Tetrahedron Lett.*, 25: 1533-1534.
- SÜSS L., LOCATELLI D.P., 2001 - *I parassiti delle derrate*. - Calderini Edagricole, Bologna, Italia, XIV+364 pp.
- TIPPING P.W., MIKOLAJCZAK K.L., RODRIGUEZ J.G., ZILKOWSKI B.W., LEGG D.E., 1986 - *Attraction of Sitophilus oryzae (L.) and S. zeamais Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) to extracts from two corn genotypes*. - *J. Kansas Entomol. Soc.*, 59: 190-194.
- TREMATERRA P., 2009 - *Preferences of Sitophilus zeamais to different types of Italian commercial rice and cereal pasta*. - *Bull. Insectol.*, 62: 103-106.
- TREMATERRA P., GIRGENTI P., 1989 - *Influence of pheromone and food attractants on trapping of Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae): a new trap*. - *J. Appl. Entomol.*, 108: 12-20.
- TREMATERRA P., FONTANA F., MANCINI M., SCIARRETTA A., 1999 - *Influence of intact and damaged cereal kernels on the behaviour of rice weevil, Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera Curculionidae)*. - *J. Stored Prod. Res.*, 18: 115-119.
- TREMATERRA P., VALENTE A., ATHANASSIOU C.G., KAVALLIERTOS N.G., 2007 - *Kernel-kernel interactions and behavioural responses of the adults maize weevil Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)*. - *Appl. Entomol. Zool.*, 42: 129-135.
- UKEH A.D., BIRKETT M.A., BRUCE T.J.A., ALLAN E.J., PICKETT J.A., MORDUE A.J., 2010 - *Behavioural responses of the maize weevil, Sitophilus zeamais, to host (stored-grain) and non-host plant volatiles*. - *Pest Manag. Sci.*, 66: 44-50.
- VISSER J.H., 1986 - *Host odor perception in phytophagous insects*. - *Annu. Rev. Entomol.*, 37: 141-172.
- WALGENBACH C.A., BURKHOLDER W.E., CURTIS M.J., KHAN Z.A., 1987 a - *Laboratory trapping studies with Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae)*. - *J. Econ. Entomol.*, 80: 763-767.
- WALGENBACH C.A., PHILLIPS J.K., BURKHOLDER W.E., KING G.G.S., SLESSOR K.N., MORI K., 1987b - *Determination of chirality in 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone, the aggregation pheromone of Sitophilus oryzae (L.) and S. zeamais Motschulsky*. - *J. Chem. Ecol.*, 13: 2159-2169.
- ZHOU M., ROBARDS K., GLENNIE-HOLMES M., HELLIWELL S., 1999 - *Analysis of volatiles compounds and their contribution to flavor in cereals*. - *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3941-3953.

LA CONTAMINAZIONE ENTOMATICA NELLA FILIERA DEGLI ALIMENTI DI ORIGINE VEGETALE: CONTROLLO IGIENICO SANITARIO E LIMITI DI TOLLERANZA

MICHELE MAROLI (*)

(*) già *Dirigente di Ricerca, Dipartimento MIPI, Istituto Superiore di Sanità, Roma*, michele.maroli@gmail.com
Lettura tenuta durante la Tavola rotonda "L'Entomologia merceologica per la prevenzione e la lotta contro gli infestanti delle industrie alimentari". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 18 febbraio 2011

Pest infestation of vegetable food products: analysis and perspective of defect action levels

Food products, particularly the vegetable ones, are often subjected to several pests attack which can cause not only economic losses, but also health problems. My talk will deal with two studies carried out at the Istituto Superiore di Sanità, Rome, before my retirement.

In the first study, a total of 335 stored food samples were analysed during a period of ten years (1997-2006). Results are given with regards to: (i) category of the analysed food; (ii) level of infestation; (iii) identification of pest species; and (iv) geographical origin at regional level. An average of 33 analyses were performed each year, with a peak of 58 in 1998. Entomological contaminations were searched by macro- and microscopic analytical methods, as well as by filth-test analysis. Products analysed included more than 30 different categories of foods, the most common being pasta (30.4%), mushrooms (29.0%), flour (9.2%) and rice (6.9%). Among the samples examined, 94 (28.0%) resulted arthropod-free. The prevalence of infesting species was different depending upon the category of the analysed product. In particular, the significant increase of analyses on mushrooms (97/335, 30.0%) as compared with the previous 1988-1996 period (43/513, 8.4%), is discussed.

The second study, aimed to evaluate the natural arthropod infestation of edible mushrooms, was carried out on three categories of dried products ('extra', 'special' and 'commercial') on sale in Italy. Three different brands were examined for each category and compared to three brands of canned mushrooms. Samples of 15 and 100 g have been analyzed for dried and canned products, respectively. Six replicates were performed for each sample. Mushrooms contaminated by (i) insect holes alone, or (ii) fungivorous insect larvae were sorted and weighted. Insect larvae detected were counted and measured.

Brands of canned product showed both the lowest (14.7%) and the highest (76.7%) percentages of mushrooms infested by fungivorous larvae, while for the categories of dried mushrooms these values ranged between 38.3% and 69.3%. Insect larval stages belonging to Mycetophilidae and Muscidae families (Diptera) were the most common pests detected. A minimum of 11.7 ± 1.1 larvae/100 g and a maximum of 662.2 ± 373.7 larvae/15 g were detected in canned and "special" dried categories, respectively. Among the mushrooms infested by larvae > 2 mm, the canned category showed both the lower (8.0 ± 7.6) and the highest (370.2 ± 99.6) number of specimens. Our findings demonstrate that the levels of natural pest infestation in dried and canned mushrooms on sale in Italy are consistently high, and the contamination extent is independent from category and brand of mushrooms. The observed degrees of infestation are discussed with regard of the perspectives for establishing defect action levels.

KEY WORDS: Pest infestation, food products, analysis, defect action level, Istituto Superiore di Sanità.

INTRODUZIONE

L'igiene degli alimenti ha assunto in questi ultimi tempi sempre più importanza, sia per le tecnologie attualmente disponibili che per le modalità di consumo in rapida evoluzione. In questo particolare settore, l'Unione Europea ha posto la salute dei consumatori tra gli obiettivi primari della propria azione normativa con la Direttiva 93/43 CE recepita in Italia con il D.L. n. 155/1997. La filiera alimentare (industria alimentare, ristorazione pubblica, laboratorio di produzione artigianale) deve garantire la igienicità e la qualità dei prodotti che immette al consumo, in tutte le fasi di fabbricazione, trasformazione, preparazione, confezionamento, deposito, trasporto, distribuzione, manipolazione, vendita e somministrazione.

La presenza di artropodi infestanti negli alimenti può costituire non solo un limite per la commerciabilità del prodotto, venendo a mancare i requisiti igienici, ma essere anche causa di danni per la salute umana. L'ingestione di parassiti (acari ed insetti o parti di essi) possono a volte: (i) provocare allergie di varia natura, reazioni cutanee, asma; (ii) essere causa di disturbi digestivi e lesioni di diversa entità alla mucosa intestinale; (iii) veicolare e trasmettere patogeni di varia natura. L'accettabilità e quindi la commerciabilità di un prodotto può a volte essere condizionata anche da un numero limitato di infestanti o di altri materiali estranei che a causa della loro ripugnanza non vengono consapevolmente mangiati.

Nell'ambito dei compiti istituzionali, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) esegue le revisioni di

analisi dei contro-campioni di alimenti giudicati in prima istanza non regolamentari perché contaminati da parassiti in base alle legge n. 283 del 30 aprile 1962, art. 5, comma d.

La presente relazione sulla contaminazione entomologica degli alimenti prenderà in esame due studi da me condotti prima della cessazione dell'attività di ricerca presso l'ISS. Il primo studio riguarda i risultati dei controlli effettuati nel periodo 1997-2006 su 335 campioni di alimenti. Il secondo, che aveva lo scopo di valutare i livelli di infestazione naturale dei funghi porcini secchi, ha preso in considerazione le tre categorie di questo prodotto in commercio in Italia, ovvero "gli extra", "i speciali" e "i commerciali".

LE REVISIONI DI ANALISI EFFETTUATE PRESSO L'ISS

I risultati dello studio, analizzati in relazione alle diverse categorie di prodotti infestati e alle specie di artropodi identificate, sono stati presentati all'VIII Simposio *La difesa antiparassitaria nelle industrie*

alimentari e la protezione degli alimenti. Piacenza (KHOURY *et al.*, 2008).

Metodiche di analisi

L'esame entomologico dei campioni è stato condotto sia con le più comuni tecniche di diagnosi macro e microscopica, sia con metodi di micro-analisi quali il filth-test (MAROLI & KHOURY, 1996) applicato agli sfarinati ed ai prodotti di trasformazione. Particolare attenzione è stata posta all'esame della confezione onde poter accertare, laddove possibile, l'origine dell'infestazione, ovvero se di natura endogena o esogena, valutando anche il tipo di foro (entrata/uscita) eventualmente presente sulla confezione (Fig. 1).

Per l'analisi entomologica dei funghi secchi è stata utilizzata una procedura standard precedentemente descritta (MAROLI *et al.*, 2002) basata su un campione di 10 g. Per la maggior parte delle matrici alimentari contaminate è stata fatta diagnosi di specie dell'artropode infestante. In alcuni prodotti è stato identificato il genere e, laddove erano evidenti solo tracce di pregressa infestazione, o frammenti di

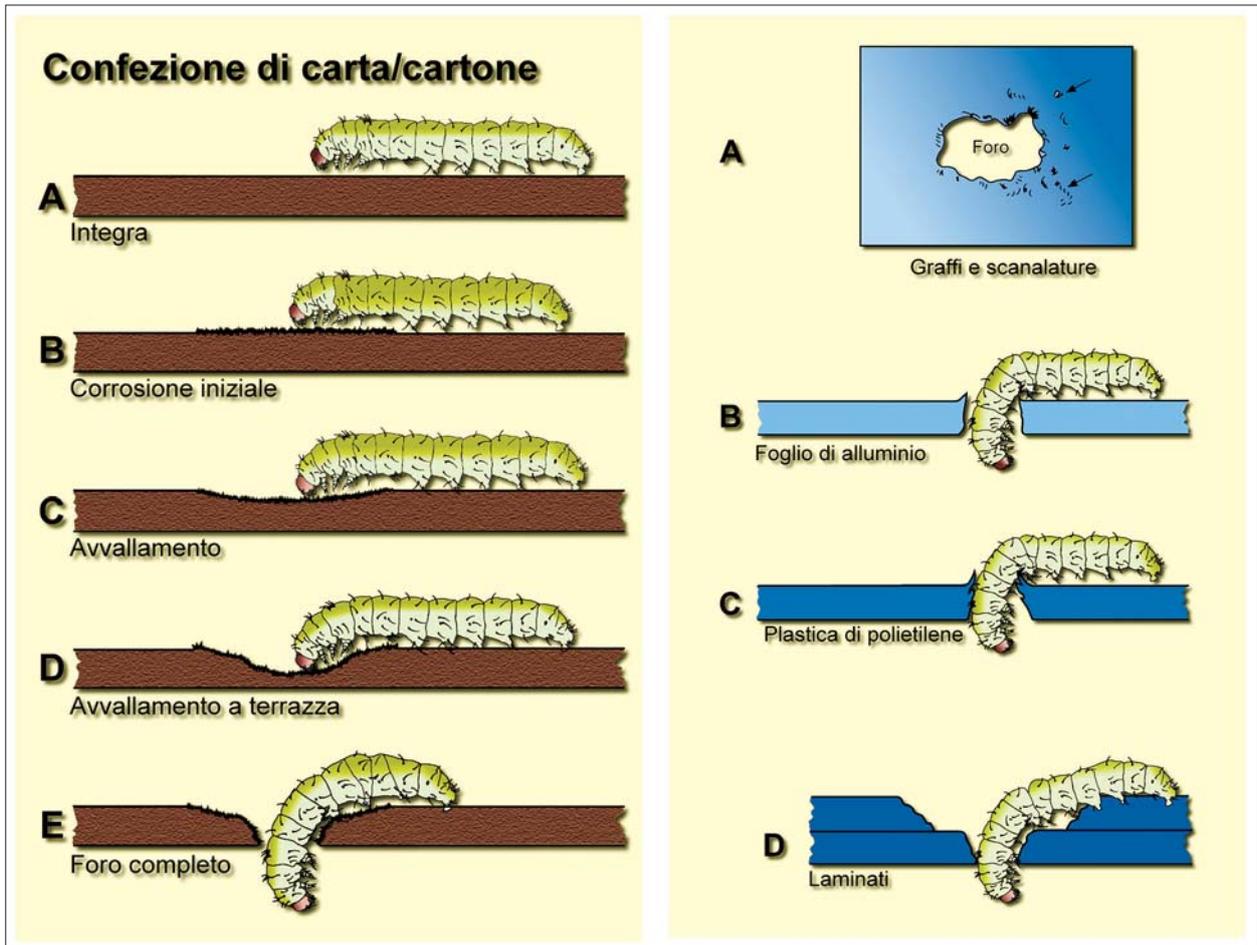


Fig. 1
Esempi di fori praticati da larve di Lepidotteri.

insetto, la diagnosi è stata possibile solo a livello di ordine e/o famiglia (DOMENICHINI, 1997; DOBIE *et al.*, 1991).

Provenienza campioni

Come già riportato la nota è relativa ai risultati delle analisi di revisione di 335 campioni di alimenti esaminati nel decennio (1997-2006). Il numero dei campioni è stato diverso secondo la provenienza delle regioni. Quelle che hanno richiesto un numero maggiore di revisioni di analisi sono: Lombardia (104), Lazio (51), Emilia Romagna (26) e Veneto (24), mentre dal Molise (3), Friuli Venezia Giulia e Calabria (2), Trentino Alto Adige e Basilicata (1) sono pervenute il minor numero di richieste. L'unica regione che non ha inviato richiesta di revisione è stata la Valle d'Aosta. Nella Fig. 2 sono riportate le percentuali di campioni analizzati per regione.

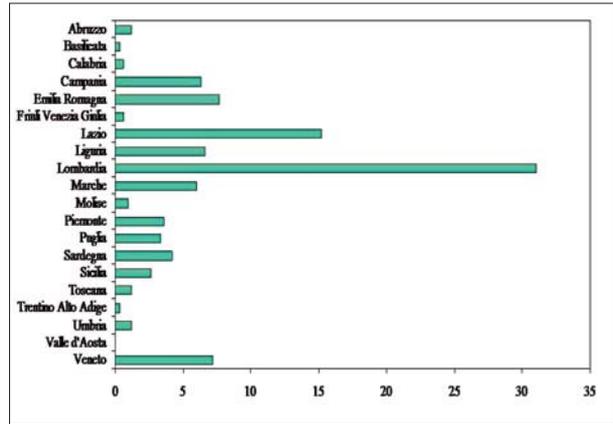


Fig. 2
Percentuali di campioni analizzati per regione.

Alimenti analizzati

I campioni pervenuti in Istituto includevano 32 diverse categorie di prodotti alimentari (Figg. 3 e 4). Fra queste, pasta (30,4%), funghi (29,0%), sfarinati (9,2%), riso (6,9%) sono state le matrici con un numero maggiore di campioni esaminati. Il rimanente 7,7% dei campioni era costituito da altri prodotti alimentari fra i quali i più frequenti erano: torrone, tramezzini, fagiolini, cremini e caramelle.

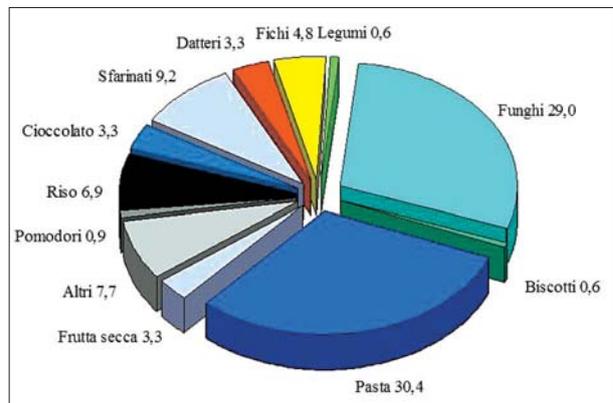


Fig. 3
Percentuali dei campioni riferiti alle categorie di prodotti.

Livelli di contaminazione entomologica riscontrata

Già in un precedenza avevo riportato i risultati delle analisi di revisione effettuate nel periodo 1988-1997 facendo considerazioni sui vari aspetti tecnici relativi alle analisi entomologiche e sulla necessità dell'introduzione di livelli di tolleranza per alcune matrici alimentari quali ad esempio funghi, fichi, datteri, etc. che potrebbero essere stati infestati "in pieno campo" (MAROLI *et al.*, 1997).

L'analisi entomologica del presente studio ha rilevato che 241/335 campioni (72,0%) erano stati contaminati da artropodi. La percentuale dei campioni contaminati e la presenza delle specie infestanti è stata diversa secondo le matrici alimentari analizzate. Per le quattro matrici con numero maggiore di campioni (pasta, sfarinati, riso e funghi) e per la frutta secca viene di seguito riportato la percentuale di campioni non idonei e le specie di artropodi infestanti identificate.

Pasta

Nella matrice pasta, 74/102 campioni (72,5%) sono risultati essere infestati. Fra le specie identificate, *Sitophilus oryzae* è stata quella più frequente (38,2%), seguita da altre specie di coleotteri: *Oryzae-*

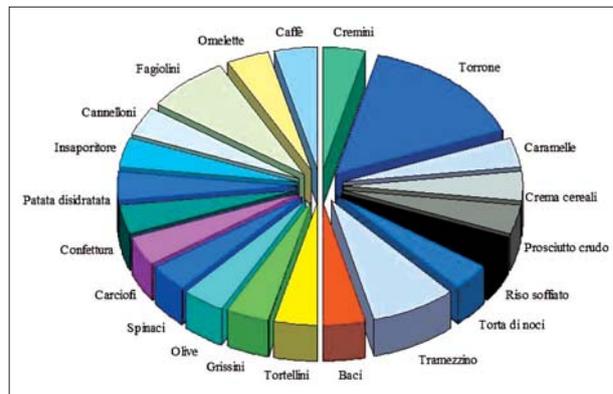


Fig. 4
Altre categorie di prodotti.

philus surinamensis, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzoperta dominica*, *Stegobium paniceum*.

Sfarinati

Dei 31 campioni di sfarinati analizzati 22 (70,9%) erano contaminati da insetti. L'infestazione da coleotteri è stata quella frequentemente riscontrata, in particolare da *Tribolium confusum*, uno dei più comuni infestanti dei molini.

Riso

L'82,6% delle confezioni di riso (19/23) è risultato infestato. Fra le specie identificate, *O. surinamensis* e *S. oryzae* sono state le specie infestanti il numero maggiore di campioni, seguite da *Plodia interpunctella*.

Funghi

Questa matrice, che ha incluso funghi secchi, conservati, liofilizzati e congelati, è risultata infestata al 90,7% (88/97 campioni). L'infestazione naturale da parte di ditteri fungivori appartenenti alle famiglie Mycethophilidae e Muscidae è stata prevalente; l'84,1% dei campioni presentava una infestazione da parte di stadi larvali delle due famiglie. Alcuni campioni poi, oltre che da Micetofilidi e Muscidi, erano stati attaccati da altri artropodi quali: Collembola (n. 6 campioni), Pyralidae (n. 4 campioni), Tenebrionidae (n. 2 campioni), *Ephestia elutella* (n. 1 campione), Psychodidae (n. 1 campione) e Formicidae (n. 1 campione).

Frutta secca

I campioni di frutta secca risultati contaminati sono stati 24/38 (63,2%). Le analisi hanno riguardato principalmente fichi (16) e datteri (11), seguito da un minor numero di campioni di pistacchi (4), noci (4) e mandorle (3). Gran parte dei campioni è risultata contaminata solo da frammenti di insetti (66,7%). Il numero di campioni contaminati per ciascuna categoria e le specie di artropodi infestanti sono riportati in Tabella 1.

Considerazioni finali

Numero campioni. Rispetto alla precedente nota (MAROLI *et al.*, 1997) il numero di matrici esaminate nel presente studio è stato inferiore, 335 campioni contro 513, con una diminuzione del 34,7%. Il numero medio di campioni analizzati per anno è stato non di molto superiore ai 33 con un massimo nel 1998 (58) e un minimo nel 2004 (11). La diminuzione del numero delle analisi, a partire dalla fine degli anni '90, potrebbe essere dovuta verosimilmente a due cause concomitanti: (i) un maggiore controllo nella filiera alimentare da parte delle aziende produttrici e dei punti vendita; (ii) un fattore economico/normativo dovuto all'entrata in vigore nel 1995 del DPR n. 754, art. 14 [servizi a pagamento] dove viene stabilito che l'ISS "rende a pagamento i servizi inerenti alle proprie funzioni, senza farsi luogo a rimborso alcuno", a modifica di quanto precedentemente in vigore dove invece, la quietanza versata doveva essere restituita al richiedente nel caso in cui la revisione non confermasse le conclusioni dell'analisi di prima istanza.

La diminuzione del numero di esami ha riguar-

Tabella 1 – Numero campioni contaminati ed infestanti osservati in alcune categorie di frutta secca.

Contaminante	Numero campioni infestati		
	Datteri	Fichi	Altri ¹
Specie			
<i>Ephestia kuehniella</i>	0	2 ³	0
<i>Nemapogon granella</i>	0	0	1
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	0	0	1
<i>Carpophilus</i> sp.	2	0	0
<i>Plodia</i> sp.	0	0	2
Frammenti di:			
Coleottero	2	1 ⁴	0
Lepidottero	4 ²	5	4
Totale	8	8	8

¹Pistacchi, mandorle e noci; ² uno dei campioni era infestato anche da frammenti Muscidi; ³ uno dei campioni era infestato anche con *O. surinamensis*; ⁴ Il campione presentava una contaminazione anche da frammenti di Ditteri.

dato tutte le categorie di alimenti, ad eccezione dei funghi per i quali si è osservato un significativo aumento del numero di revisioni di analisi. Nel periodo 1988-1996, la matrice costituiva solo l'8,4% dei campioni (43/513) mentre nel periodo 1997-2006 il valore è salito al 29,0% (97/335). Le percentuali per ogni singola matrice dei due periodi di studio sono riportate nella Tabella 2. Interessante è anche notare come per il riso vi sia stata una significativa diminuzione delle richieste di revisione, il 6,9% dei campioni contro il 16,8 del precedente studio. Verosimilmente questo calo potrebbe essere dovuto ad un reale miglioramento delle condizioni di conservazione del prodotto in seguito all'uso della confezione "sotto vuoto".

Artropodi infestanti

Nella pasta *S. oryzae* è stata la specie più frequentemente reperita nei campioni, spesso osservata per trasparenza con l'ausilio di un transilluminatore, al fine di individuare più facilmente gli esemplari che evolvono all'interno della pasta. Il caratteristico apparato boccale di questo coleottero, capace di erodere le cariossidi del frumento e del riso, può perforare involucri di cartone anche più resistenti di quelli utilizzati nei pastifici. *O. surinamensis* è un altro comune coleottero della pasta, le cui larve, incapaci di attaccare le matrici più dure, approfittano delle erosioni provocate da altri insetti infestanti per continuare l'azione distruttiva.

T. confusum, coleottero spesso osservato negli sfarinati, si nutre di granella danneggiata da altri infestanti o di farine che, a causa della sua presenza, diventano scure e non commerciabili. Oltre alle impurità costituite da frammenti e spoglie larvali, *T. confusum*, come del resto *T. castaneum*, conta-

Tabella 2 – Categoria e numero di campioni esaminati nei due periodi.

Categoria	1997-2006*		1988-1996	
	Numero campioni	%	Numero campioni	%
Diverse matrici	26	7,7	56	10,9
Biscotti	2	0,6	12	2,4
Cioccolato	11	3,3	18	3,5
Datteri	11	3,3	30	5,8
Fichi	16	4,8	34	6,6
Frutta secca	11	3,3	15	2,9
Funghi	97	29,0	43	8,4
Legumi	2	0,6	20	3,9
Pasta	102	30,4	140	27,4
Pomodori	3	0,9	10	1,9
Riso	23	6,9	86	16,8
Sfarinati	31	9,2	49	9,5
Totale	335	100	513	100

*da MAROLI *et al.*, 1997.

mina le farine con nitrogeni e chinoni della cuticola, che rendono sgradevoli le farine.

I campioni di riso sono risultati per lo più infestati da Lepidotteri le cui larve posseggono un apparato boccale masticatore in grado di rosicchiare gli astucci di cartone. Le stesse larve, soprattutto quelle al primo stadio, passano facilmente attraverso le fessure esistenti in corrispondenza dei lembi incollati delle confezioni di cartone. È impossibile, invece, che gli adulti possano superare la barriera di una confezione chiusa, in quanto possiedono un apparato boccale di tipo succhiatore, generalmente atrofizzato nelle specie infestanti.

I funghi sono una derrata soggetta all'infestazione di insetti sia durante la breve vita vegetativa, sia durante l'essiccamento (quando viene praticato in modo artigianale), sia ancora nei magazzini e nei negozi. I Micetofili e i Muscidi sono ditteri che frequentano luoghi boscosi e umidi, le cui larve minano il gambo ed il cappello dei funghi durante il periodo di vegetazione. In sede di revisione di analisi l'esame macroscopico dei funghi dà talvolta esito negativo o rileva soltanto la presenza di "tramiti" prodotti dalle larve. La dissezione, invece, evidenzia spesso dei pezzi infarciti di larve.

I livelli di contaminazione dei funghi

Al fine di valutare i livelli di contaminazione dei campioni esaminati sono state introdotte 6 classi di contaminazione basate sul numero di larve presenti in 10 g di prodotto. L'andamento delle percentuali dei campioni nelle varie classi (1-10; 11-30; 31-50; 51-70; 71-100; >100 larve) è mostrato nella Fig. 5. Nella stessa figura, per confronto, sono riportati i dati di due precedenti studi (MAROLI *et al.*, 2002); LOCATELLI *et al.*, 1994). Circa il 22% dei campioni cadeva nella classe >100 larve/10 g. I rimanenti erano distribuiti con valori quasi simili

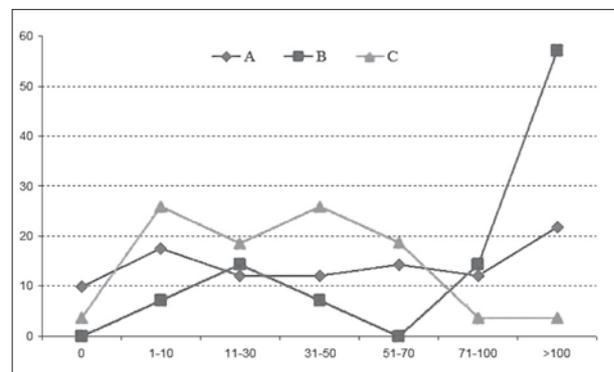


Fig. 5

Contaminazione entomica nei funghi analizzati. Percentuale dei campioni in sette classi di contaminazione: A, presente studio e per confronto B, dati da MAROLI *et al.* (2002) e C, dati da LOCATELLI *et al.* (1994)

(12,1-14,3%) nelle altre classi ad eccezione della classe 1-10 dove il numero dei campioni era maggiore (17,6%). I livelli di contaminazione osservati nella presente rassegna risultano ancora essere eccessivamente superiori sia ai livelli di accettabilità suggeriti dall'ISS¹ in Italia che a quelli della normativa americana (FDA, 1998)² che canadese (GOVERNMENT OF CANADA, 1999)³. A tale riguardo, è auspicabile, come già osservato da altri autorevoli colleghi, che il legislatore nell'ambito della revisione della normativa sulla filiera dei funghi introduca livelli di tolleranza per le larve fungivore.

¹ In seguito alla richiesta di parere da parte del Ministero della Sanità (702/56.64/372 del 15.05.1995) sulle impurità nei funghi epigei conservati, l'ISS ha suggerito di stabilire limiti di tolleranza per le larve di insetti parassiti nei funghi come segue: (i) categoria extra e speciale - assenti in 0,1 g di prodotto; (ii) categoria commerciale - non più di 5 larve/10 g di prodotto.

² In media 20 larve di insetto/15 g di fungo. Qualora la misura delle larve risulta essere ≥ 2 mm il livello viene ridotto a sole 5 larve/15 g di prodotto.

³ 10-20 larve < 2mm oppure 0-5 larve ≥ 2 mm

LA CONTAMINAZIONE ENTOMATICA DI CAMPO
DEI FUNGHI SECCHI

Il largo consumo dei funghi secchi nel nostro paese ha fatto sì che spesso questa matrice alimentare fosse oggetto di attenzione da parte degli addetti preposti al controllo igienico delle derrate alimentari. In particolare i livelli di contaminazione entomata “di campo” della matrice sono stati nell’ultima decade argomento di valutazione da parte di alcuni gruppi di studio (BORLENGHI *et al.*, 2002; LOCATELLI *et al.*, 1994; 2005a; 2005b; MAROLI *et al.*, 2002).

Sotto l’aspetto normativo, la legislazione italiana ha regolamentato la raccolta dei funghi epigei freschi definendo anche i vari aspetti della loro conservazione e commercializzazione [legge 23 agosto 1993 n. 352; DPR 14 luglio 1995 n. 376] ivi compreso la denominazione di vendita dei funghi porcini secchi [DM Industria 9 ottobre 1998 su GU 249 del 24 ottobre 1998]. Quest’ultimo decreto, da una parte ha posto dei limiti di accettabilità del numero di “tramiti”, le gallerie scavate da larve di Ditteri fungivori, presenti nei funghi secchi in commercio a seconda della categoria, dall’altra ha lasciato irrisolto il problema del numero delle larve di Ditteri fungivori eventualmente presenti. Di fatto, l’articolo 5 della legge n. 283 del 1962 vieta la vendita di merce “invasa da parassiti...”, senza indicare alcun limite di tolleranza per i contaminanti entomatici. Al contrario, sia la legislazione americana (FDA, 1998) che quella canadese (GOVERNMENT OF CANADA, 1999) fissano dei limiti di accettabilità/tollerabilità relativi al numero di larve di Ditteri presenti nei funghi a seconda della grandezza delle stesse (vedi note 2 e 3).

In uno dei lavori precedentemente citati (MAROLI *et al.*, 2002) è stato evidenziato che il livello d’infestazione da parte di larve di Micetofilidi e Muscidi nei funghi porcini secchi era di gran lunga superiore

ad un qualsiasi ragionevole livello di tolleranza; mediamente i valori di infestazione erano maggiori di 50 larve/10 g di prodotto. Tuttavia si poteva ipotizzare che 10 g potevano essere non rappresentativi della matrice alimentare in questione e quindi si poteva argomentare che tale livello fosse dovuto ad una sola fetta di fungo infestata da un gran numero di larve di insetto, essendo le rimanenti non contaminate. Difatti nello studio riportato il protocollo della metodica introdotta prevedeva la ricerca delle larve di insetto in un solo campione di 10 g di fungo in seguito a re-idratazione completa. Quindi è stato condotto uno studio “ad hoc” che ha incluso le tre categorie di funghi porcini secchi in commercio in Italia, “gli extra”, “i speciali” e “i commerciali”, nel quale si è voluto valutare, non solo il numero medio di larve presenti in un campione altamente rappresentativo, 15 g di fungo secco per 6 repliche (totale = 90 g), ma determinare anche la frazione della matrice infestata, espressa in percentuale peso in seguito a re-idratazione. I risultati di questo monitoraggio sono stati presentati all’VIII Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti” (MAROLI *et al.*, 2008)

Campioni analizzati

I campioni di funghi porcini analizzati nel presente studio sono stati acquistati presso 8 differenti punti vendita della città di Roma. Per ciascuna categoria sono state prese in considerazione tre marche diverse. Nella Tabella 3 sono riportate le confezioni necessarie per la costituzione del campione di 90 g, il prezzo a confezione ed al Kg. Per confronto sono state analizzate anche tre marche di funghi porcini conservati (Tabella 4).

Le analisi

I metodi di analisi utilizzati per la determinazione delle impurità entomatiche nei funghi fanno riferi-

Tabella 3 – Campioni di funghi porcini analizzati: categoria, marca, numero confezioni, prezzo a confezione e al chilogrammo.

Categoria funghi	Marca	Confezioni acquistate*	Confezione		Prezzo al Kg (€)
			Peso	Prezzo (€)	
Extra	A	2	50	4,90	98,00
“	B	2	50	6,99	139,00
“	C	2	50	5,49	109,00
Speciale	D	3	40	3,03	75,75
“	E	2	50	3,80	76,00
“	F	2	80	7,48	93,50
Commerciale	G	3	30	1,45	48,33
“	H	3	30	1,99	66,33
“	I	1	200	12,05	60,25
Conservati	L	1	1000	9,90	9,90
“	M	3	280	8,19	29,25
“	N	3	290	6,29	21,68

* Necessarie per costituire un campione di 90 g per 6 repliche di 15 g

Tabella 4 – Media grammi con tramiti di larve, con larve e numero di larve in tre marche di funghi: (i) secchi (extra, speciale e commerciale) e (ii) conservati; A-N, marche.

Categoria Marche	Media grammi in 6 repliche *	Media grammi “difettosi”		Larve (Micetofilidi/Muscidi)	
		Con tramiti (%)	Con larve (%)	Numero	≥ 2 mm
Extra					
A	52,0±1,1	14,8 (28,5)	36,0 (69,2)	122,5± 31,5	81,0±34,4
B	53,5±2,8	6,7 (12,5)	20,5 (38,3)	190,8±97,8	40,3±11,3
C	54,0±5,7	6,3 (11,7)	24,3 (45,0)	71,7±43,0	27,8±16,1
Speciali					
D	53,0±2,4	14,2 (26,8)	25,3 (47,7)	88,3±27,6	42,3±22,7
E	56,3±2,2	6,0 (10,6)	28,3 (50,3)	339,2±151,5	41,7±32,0
F	57,0±3,9	6,2 (10,9)	29,2 (51,2)	662,2±373,7	108,8±87,8
Commerciali					
G	54,0±3,7	13,2 (24,4)	28,2 (52,2)	94,5±32,2	62,2±31,1
H	55,2±5,4	4,8 (8,7)	33,7 (61,0)	548,8±235,4	227,8±52,7
I	62,3±3,8	15,5 (24,9)	43,2 (69,3)	273,0±297,0	222,8±271,0
Conservati**					
L	96,0±8,9	14,8 (15,4)	73,6 (76,7)	37,6±16,1	29,8±19,0
M	100,0±0,0	1,5 (1,5)	71,2 (71,2)	570,5±109,9	370,2±99,6
N	100,0±0,0	5,5 (5,5)	14,7 (14,7)	11,7±11,1	8,0±7,6

* Corrispondenti a 15 g dopo reidratazione per i funghi secchi e 100 g di funghi conservati dopo sgocciolamento.

** Il numero delle larve reperite è riferito a 100 g del prodotto.

mento ad una procedura operativa standard validata presso l’ISS (MAROLI *et al.*, 2002). Tale procedura è stata aggiornata ai fini del presente studio. In breve, l’attuale procedura rispetto alla precedente prevede: (i) il prelievo di 6 aliquote di 15 g dal campione o comunque fino ad esaurimento dello stesso; (ii) la pesa e conta dei pezzi di fungo dopo reidratazione; (iii) la misura delle larve su vetrino graduato; (iv) la conta del numero di larve < 2 mm e quelle ≥ 2 mm; (v) il calcolo della percentuale m/m dei pezzi (con larve e con tramiti di larve). Il protocollo della procedura per intero è riportato in MAROLI *et al.*, 2008.

Livelli di infestazione riscontrati

Nella Tabella 4 sono riportati: (i) i valori medi percentuali dei grammi di fungo “difettosi” con solo tramiti di larve e quelli dei grammi contenenti larve di insetto, (ii) il numero medio di larve di Micetofilidi/Muscidi e il numero medio di larve ≥ 2 mm osservati in tre marche di funghi secchi (extra, speciali e commerciali) ed in tre di funghi conservati. Considerando la percentuale media dei grammi difettosi contenente larve di insetto, i valori minimi e massimi (14,7% e il 76,7%) sono stati riscontrati in due marche di funghi “conservati”. Per i funghi secchi tali valori si sono mantenuti sempre superiori al 38%. L’analisi entomologica ha evidenziato valori medi di infestazione dovuta a larve di Micetofilidi e Muscidi compresi tra un minimo di 11,7±11,1 in 100 g della categoria “conservati” ed un massimo di 662,2±373,7 in 15 g della categoria “speciali”. Molte delle larve reperite supera-

vano i 2 mm: il valore minimo (8,0±7,6) e massimo (370,2±99,6) sono stati evidenziati in due marche della categoria “conservati”.

In tutte le categorie di funghi esaminate, oltre a larve fungivore, sono stati rinvenuti altri artropodi infestanti; in particolare, è stata rilevata la presenza di: (i) Acari, in prevalenza Cryptostigmata; (ii) larve e adulti di Coleotteri; (iii) Collemboli; (iv) larve, pupae e adulti di Foridae; (v) Psocotteri nonché (vi) frammenti e uova di insetto (Tabella 5).

Quali limiti di tolleranza?

Il metodo di analisi utilizzato nel presente studio ha messo in evidenza che i livelli delle impurità entomologiche presenti nei funghi porcini in commercio in Italia sono ancora molto alti. L’elevato grado di infestazione del prodotto appare evidente dal gran numero di larve fungivore che in media sono presenti nelle aliquote esaminate (Fig. 6). Inoltre anche la frazione di grammi di funghi secchi difettosi con larve è sempre alta (38,3%-69,3%).

In base ai livelli di contaminazione osservati, nessuna delle marche analizzate risulta essere idonea al commercio sia per la legislazione italiana sia per quelle americana e canadese.

Inoltre, dai risultati delle analisi appare evidente che aumentando l’aliquota del campione (15 g per 6 repliche = 90 g) aumenta anche la percentuale dei campioni infestati da un numero di larve fungivore >100 (64,4%), mentre la percentuale è solo del 21,9% quando si esaminano aliquote di 10 g (Fig. 7).

In conclusione, il nostro studio ha dimostrato che

Tabella 5 – Artropodi rinvenuti nei campioni di funghi esaminati, riportati per categoria e marca di funghi secchi e conservati.

Marca	Acari*	Coleotteri	Collemboli	Ditteri**	Psocotteri	Uova di insetto	Frammenti di insetto Capsule***	Vari
<i>Secchi extra</i>								
A	2	-	3	-	-	7	-	-
B	3	-	2	Larva (1)	-	8	4	Tibia (1)
C	6	-	-	-	-	5	1	-
<i>Secchi speciali</i>								
D	2	Larva (2)	1	Adulto (1) Pupa (17)	-	62	-	Femore (1)
E	1	Larva (1)	2	Larva (6)	2	2	>5	-
F	2	Adulto (1)	6	-	-	-	>5	-
<i>Secchi commerciali</i>								
G	1	-	-	-	1	11	-	-
H	1	Larva (1)	4	-	-	-	>5	Zampa (1)
Torace (1)	-	Larva (1)	1	-	-	4	-	-
I	-	Larva (1)	1	-	-	-	-	-
<i>Conservati</i>								
L	-	-	142	-	-	-	-	-
M	-	Larva (2)	-	-	-	-	>5	-
N	-	-	3	-	-	-	-	-

* In prevalenza Cryptostigmata; ** Foridae; *** Capsule cefaliche di Micetofilidi.

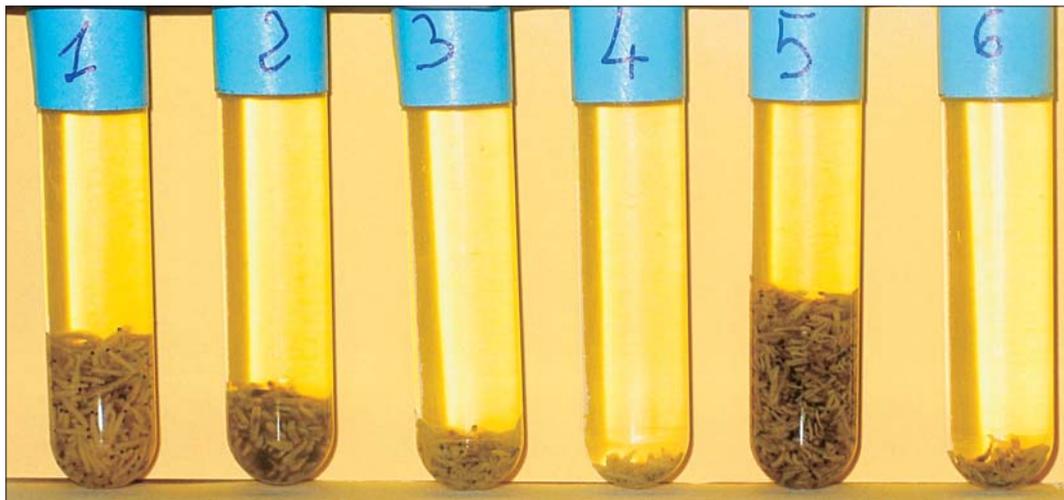


Fig. 6
Larve di ditteri presenti in 15 g di fungo secco (6 repliche) di una marca della categoria commerciale.

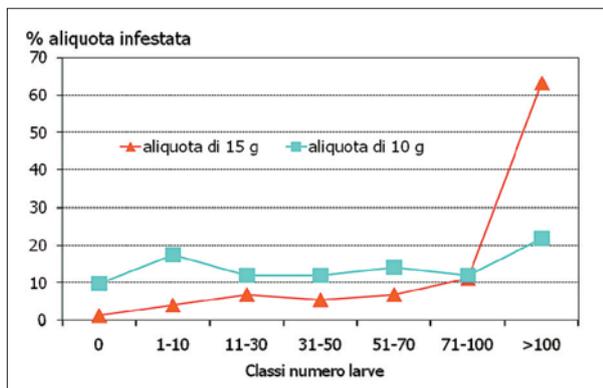


Fig. 7
Contaminazione entomologica nei funghi porcini secchi: percentuali delle aliquote esaminate in ciascuna classe di contaminazione.

non vi è un rapporto fra livelli crescenti di contaminazione entomologica, categorie di fungo e marche esaminate, potendo variare enormemente nell'ambito della stessa categoria. Tuttavia i valori minimi osservati per ciascuna categoria (Fig. 8) fanno ipotizzare che una filiera produttiva di questa matrice alimentare con infestazioni "di campo" limitate è possibile. Nel nostro studio, ad esempio, per una marca di funghi conservati la contaminazione entomologica osservata era di grado limitato essendo i grammi difettosi solo il 5,5% e 14,7%, rispettivamente con tramiti e con larve, ed il numero delle larve fungivore reperite era in media 11,7 di cui $8 \geq 2\text{mm}$. È auspicabile pertanto che la filiera del fungo

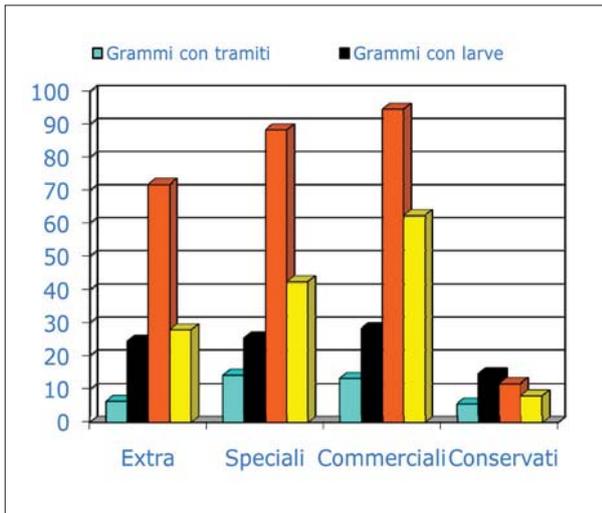


Fig. 8

Valori minimi della contaminazione entomologica "di campo" riscontrati in marche di funghi porcini Extra, marca C; Speciali, marca D; Commerciali, marca G; Conservati, marca N (Vedi Tabella 3).

porcino si adoperi a controllare all'origine la raccolta del fungo onde mettere in commercio un prodotto per il quale sia possibile porre dei limiti di tolleranza.

RIASSUNTO

I prodotti alimentari, in particolare quelli di origine vegetale, sono soggetti ad attacchi da parte numerose specie di insetti infestanti che possono causare seri problemi non solo di natura economica ma anche di natura igienica e sanitaria. La mia relazione riguarderà due studi sull'argomento condotti presso l'Istituto Superiore di Sanità, Roma, prima della cessazione delle mie attività di ricerca.

Nel primo studio sono riportati i risultati dei controlli effettuati presso l'Istituto Superiore di Sanità nel periodo 1997-2006 su 335 matrici. I dati sono analizzati in base alle diverse categorie di prodotti infestati, ai livelli d'infestazione, alle specie identificate, alla provenienza geografica dei campioni. Il numero medio di campioni analizzati per anno è stato non di molto superiore ai 33 con una punta massima di 58 nel 1998. Le regioni che hanno richiesto un numero maggiore di esami di analisi sono state: Lombardia (31,0%), Lazio (15,2%), Emilia Romagna (7,7), Veneto (7,2). L'esame parassitologico dei campioni per rilevare le contaminazioni entomologiche è stato eseguito sia mediante le comuni tecniche di diagnosi macro e microscopica sia con metodi di micro-analisi quali quelle del filth-test applicato agli sfarinati e ai prodotti di trasformazione. Su 335 campioni esaminati, 94 (28,0%) sono risultati non contaminati. I campioni erano rappresentati da oltre 30 diverse categorie di prodotti alimentari. Fra queste, pasta (30,4%), funghi (29,0%), sfarinati (9,2%), riso (6,9%), erano le categorie con un numero maggiore di campioni. La prevalenza delle specie infestanti è stata diversa a seconda delle categorie dei prodotti esaminati. Particolare attenzione merita l'aumento del numero di revisioni di analisi di funghi (97/335) rispetto al periodo 1988-1996 (43/513).

Il secondo studio, che aveva lo scopo di valutare i livelli di infestazione naturale dei funghi porcini secchi, ha preso in considerazione le tre categorie di questo prodotto in commercio in Italia, ovvero "extra", "speciali" e "commerciali". Tre differenti marche di funghi sono state esaminate per ciascuna categoria e confrontate con tre marche di funghi conservati. Campioni di 15 e 100 g. sono stati analizzati rispettivamente per i funghi secchi e conservati. Sono state costituite sei repliche per ciascun campione. Sono stati esaminati, registrati e pesati i funghi contaminati da (i) tramiti di larve e (ii) larve fungivore. Le larve rinvenute sono state contate e misurate.

I valori minimi e massimi (14,7 e 76,7) della percentuale media dei grammi difettosi contenente larve di insetti fungivori, sono stati riscontrati nei funghi "conservati". Per tutte le categorie di funghi secchi i valori sono stati tra il 38,3% e 69,3%. L'analisi entomologica ha evidenziato un'infestazione dovuta a larve di Ditteri appartenenti alle famiglie di Micetofilidi e Muscidi. Il valore minimo di $11,7 \pm 11,1$ larve/100 g ed il valore massimo di $662,2 \pm 373,7$ larve/15 g sono stati osservati rispettivamente nelle categorie conservati e speciali. Molte delle larve reperite superavano i 2 mm: il valore minimo ($8,0 \pm 7,6$) e massimo ($370,2 \pm 99,6$) è stato riscontrato in due marche della categoria conservati. I risultati del presente lavoro dimostrano che i livelli di infestazione naturali nei funghi secchi e conservati sono consistentemente alti indipendentemente dalla categoria e dalle marche in vendita. Il grado di infestazione naturale osservato viene discusso in relazione ai possibili livelli di tolleranza.

BIBLIOGRAFIA

- BORLENGHI A., SOMENZI C., ABLONDI L., BRAVI P., GARBAZZA C., PEDRAZZANI S., 2002 - *Controllo sanitario dei funghi commercializzati: esame morfobotanico, qualitativo e parassitologico*. - Atti del 7° Simposio "La Difesa antiparassitaria nelle Industrie alimentari e la Protezione degli Alimenti", Piacenza 18-20.IX.2002, Chiriotti Editori, Pinerolo: 456-461.
- D.L. (1997), n. 155 "Attuazione delle direttive 93/43/CEE e 96/3/CE concernenti l'igiene dei prodotti alimentari" (G.U. n. 136 del 13 giugno 1997) - Supplemento Ordinario n. 118.
- D.P.R. 754 21 settembre 1994 (G.U. n. 15 del 19 gennaio 1995).
- DEBBIE P., HAINES C.P., HODGES R.J., PRIVET P.F., REES D.P., 1991 - *Insects and Arachnids of tropical stored products: their biology and identification*. - NRI, VI+246 pp.
- DIRETTIVA CE93/43/CEE (G.U. L 175 del 19.7.1993). *Igiene dei prodotti alimentari*.
- DM dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato 9 ottobre 1998 "Menzioni qualificative e che accompagnano la denominazione di vendita dei funghi secchi". GU 24 ottobre 1998 n. 249.
- DOMENICHINI G., 1997 - *Atlante delle impurità solide negli alimenti*. - Chiriotti Editori, Pinerolo, XVI+390 pp.
- DPR 14 luglio 1995, n. 376 "Regolamento concernente la disciplina della raccolta e commercializzazione dei funghi epigei freschi e conservati". GU 11 settembre 1995 n. 212.
- FDA, 1998 - Food defect action levels. Department of Health and Human Service, Public Health Service, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. Washington DC: 1-27.

- GOVERNMENT OF CANADA, 1999 - *Health Protection Branch Guidelines for the General Cleanliness of Food. An Overview*: 1-9.
- KHOURY C., BIANCHI R., MAROLI M., 2008 – *Le matrici alimentari di origine vegetale e le contaminazioni entomatiche in dieci anni di revisioni di analisi (1997-2006) presso l'Istituto Superiore di Sanità*. Atti dell'8° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”. Piacenza, 133-141.
- LEGGE 23 agosto 1993, n. 352 “Norme quadro in materia di raccolta e commercializzazione dei funghi epigei freschi e conservati”. GU 13 settembre 1993 n. 215.
- LEGGE 30 aprile 1962 n. 283 “Disciplina igienica della produzione e della vendita delle sostanze alimentari e delle bevande”. GU 4 giugno 1962 n. 139.
- LOCATELLI D.P., SÜSS L., GRUA P., 1994 – *Contaminazioni entomatiche dei funghi conservati*. - *Industrie Alimentari*, 33: 1084-1088.
- LOCATELLI D.P., SÜSS L., TREVISAN A., 2005a – *Ditteri fungivori in funghi essiccati*. - *Industrie Alimentari*, 44: 250-256.
- LOCATELLI D.P., SÜSS L., TREVISAN A., GRIONI S., 2005b – *Presenza di tramiti di Ditteri fungivori in funghi essiccati: aspetti legislativi*. - *Industrie Alimentari*, 44: 387-393.
- MAROLI M., FRUSTERI L., KHOURY C., 1997 – *Osservazioni sulla contaminazione entomatica di alcune categorie alimentari*. - Atti del 7° Simposio “La Difesa antiparassitaria nelle Industrie alimentari e la Protezione degli Alimenti”, Piacenza 24-26 .IX.1997, Chiriotti Editori, Pinerolo: 349-356.
- MAROLI M., KHOURY C., 1996 – *Impurità solide negli sfarinati e nei prodotti di trasformazione: metodo ufficiale di analisi (filth-test) e aspetti normativi*. – Rapporti ISTISAN 96/8, 48 pp.
- MAROLI M., KHOURY C., BIANCHI R., 2008 – *Funghi secchi e contaminazioni entomatiche di campo: metodiche di analisi e prospettive per la definizione di livelli igienici di accettabilità*. Atti dell'8° Simposio “La difesa antiparassitaria nelle industrie alimentari e la protezione degli alimenti”. Piacenza, pp 142-150.
- MAROLI M., KHOURY C., BIANCHI R., AURELI P., 2002 – *Considerazioni sui livelli di contaminazione entomatica dei funghi secchi attualmente in commercio in Italia*. Atti del 7° Simposio “La Difesa antiparassitaria nelle Industrie alimentari e la Protezione degli alimenti”, Piacenza 18-20.IX.2002. Chiriotti Editori, Pinerolo: 462-471.

