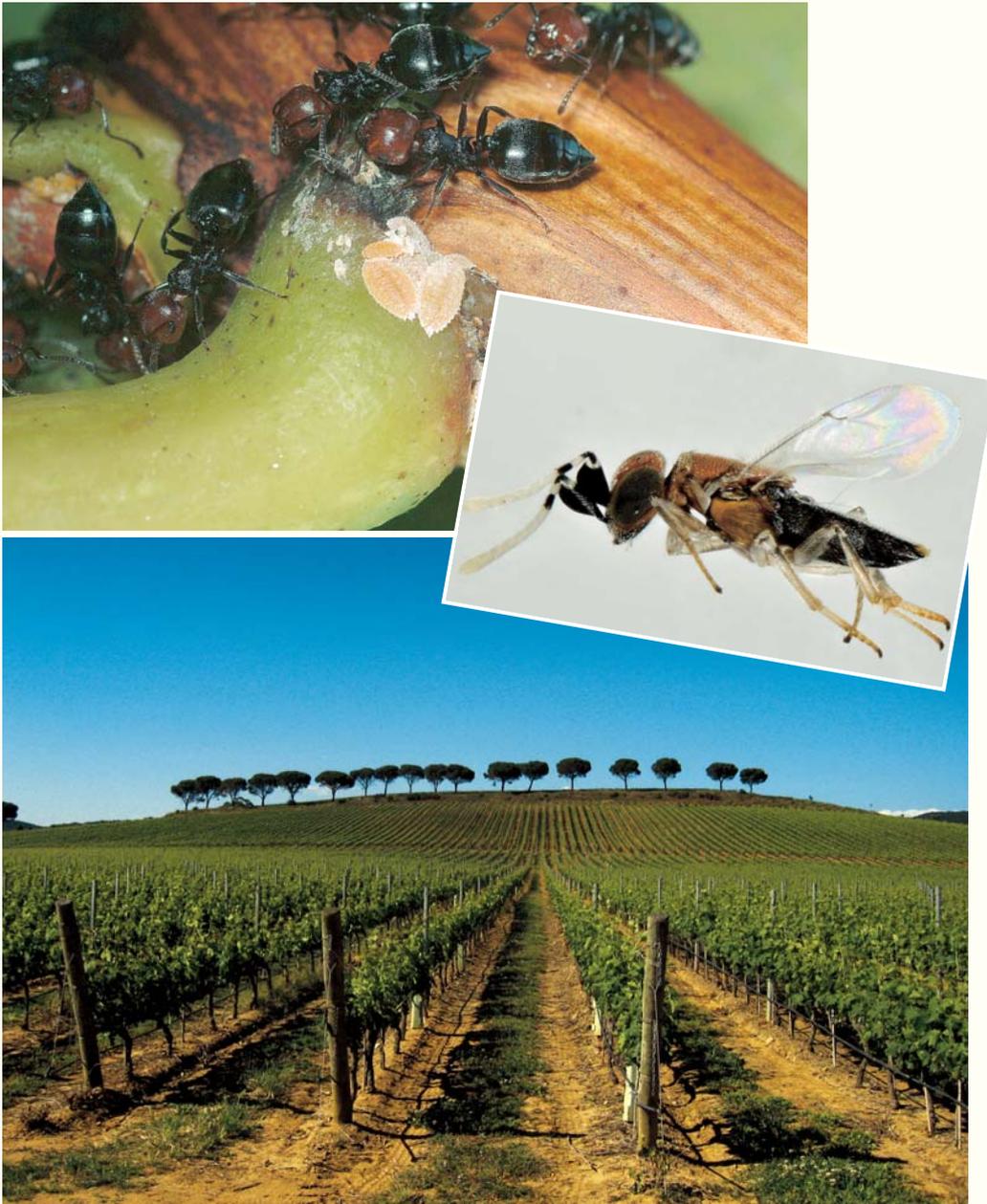




Tavole Rotonde sui maggiori problemi  
riguardanti l'Entomologia Agraria in Italia  
Sotto gli auspici del MIPAAF

**XXIX.**

## **LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLE COLTURE: PROBLEMI RICORRENTI, SOLUZIONI E NUOVE SFIDE**



*Estratto da:*  
ATTI DELLA  
ACCADEMIA NAZIONALE  
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA  
Anno LXV - 2017



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

**XXIX.**

**LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLE COLTURE:  
PROBLEMI RICORRENTI, SOLUZIONI E NUOVE SFIDE**

*Estratto da:*  
ATTI DELLA  
ACCADEMIA NAZIONALE  
ITALIANA DI ENTOMOLOGIA  
Anno LXV - 2017

In copertina, dall'alto in basso:

- formiche associate ad individui di *Planococcus ficus* su vite (foto P. Giannotti);
- femmina di *Anagyrus* sp. (near *pseudococci*), parassitoide di *P. ficus* (foto Pier Luigi Scaramozzino);
- vigneto inerbito della Maremma Toscana (foto Andrea Lucchi).

## PRESENTAZIONE

*Il tema che l'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia ha individuato per la Tavola Rotonda è di primaria importanza per la difesa delle colture agrarie e forestali. La protezione integrata (IPM) rappresenta, infatti, la migliore strategia per il controllo dei fitofagi, dei patogeni e delle malerbe.*

*L'utilizzo del metodo di controllo IPM, reso oggi obbligatorio da una direttiva europea, mira a mantenere le popolazioni degli organismi nocivi al di sotto della soglia di dannosità, sfruttando i meccanismi naturali di regolazione, facendo ricorso a metodi di controllo che risultino accet-*

*tabili dal punto di vista ecologico, economico e tossicologico.*

*Nei vari interventi della Tavola Rotonda, coordinata dagli accademici Andrea Lucchi e Carlo Duso, dopo aver messo in evidenza l'evoluzione tecnica della protezione integrata (IPM) in produzione integrata (IP), sono stati discussi i metodi di protezione integrata adottati nel campo della viticoltura, della frutticoltura e della orticoltura.*

ROMANO DALLAI

Presidente Accademia Nazionale Italiana di Entomologia



## INDICE

### **Tavola Rotonda su:**

LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLE COLTURE: PROBLEMI RICORRENTI, SOLUZIONI E NUOVE SFIDE	
RAMON ALBAJES, FILIPE MADEIRA – <i>Current status of Integrated Pest Management (IPM) in Europe</i> .....	Pag. 45
ANDREA LUCCHI, CARLO DUSO, ALBERTO ALMA – <i>La protezione integrata della vite: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide</i> .....	» 53
LUCIA ZAPPALÀ, ANTONIO BIONDI, GIOVANNA TROPEA GARZIA, GAETANO SISCARO, CARMELO RAPISARDA – <i>Aggiornamenti sul controllo integrato dei principali fitofagi dell'orticoltura protetta in ambiente mediterraneo</i> .....	» 59
CLAUDIO IORIATTI, GIANFRANCO ANFORA – <i>I semiochimici nella difesa integrata del melo in Trentino-Alto Adige</i> .....	» 63
CARLO MALAVOLTA – <i>La protezione integrata delle colture: evoluzione tecnica, dei sistemi di supporto e della normativa</i> .....	» 69



SEDUTA PUBBLICA, FIRENZE 17 FEBBRAIO 2017

Tavola Rotonda su:

LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLE COLTURE:  
PROBLEMI RICORRENTI, SOLUZIONI E NUOVE SFIDE

Coordinatori:

ANDREA LUCCHI e CARLO DUSO, Accademici



## CURRENT STATUS OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT (IPM) IN EUROPE

RAMON ALBAJES (\*) - FILIPE MADEIRA (\*)

(\*) *Universitat de Lleida, Agrotecnio Center, Rovira Roure 177, 25199 Lleida, Catalonia, Spain; ralbajes@pvcf.udl.cat*

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda “La protezione integrata delle colture: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide”. Seduta pubblica dell’Accademia - Firenze, 17 febbraio 2017.

### *Current status of Integrated Pest Management (IPM) in Europe*

The document contains three parts. The first part tries to justify why we need to accelerate the implementation of IPM. Then we review how the different components of IPM are being developed in EU and finally major challenges for a quicker development of IPM are summarized.

KEY WORDS: Biological control, Cultural, Pheromone, Pesticide

### INTEGRATED PEST MANAGEMENT: THE NECESSITY OF A FASTER ADOPTION OF IPM SYSTEMS IN AGRICULTURE

It is well known the paradox formulated by YUDELMAN *et al.* (1998) at the end of the last century by associating the increased use of pesticides in the second half of 20th century with increased yield losses during the same period. Yield losses caused by arthropod pests, diseases and weeds were calculated as being above two thirds of potential yield at the beginning of the present century (OERKE and DEHNE, 2004) in the most important crops worldwide and only an average of about 50% of the losses are prevented by control activities. That trend had already been denounced many years by STERN *et al.* (1959) when they introduced the term of integrated control to diminish the problems caused by the increasing use of synthetic pesticides in U.S.A. Since then, much progress has been achieved but a long way is still in front of us to gain the necessary sustainability of pest control in agriculture.

A set of indicators can be used to monitor the progress in the IPM implementation. Firstly, technological innovation is based on scientific research and its transfer to industry and society at large. It is thus significant that the percentage of documents dealing with IPM published in scientific journals has increased very significantly since 1990 particularly in the domain of agricultural entomology but also in plant pathology (Fig. 1). Among IPM components, most attention in scientific research has been paid to host plant resistance, biological control and cultural controls (ALBAJES, 2010). One of the main goals of IPM is

the replacement of chemical control by non-chemical methods when needed. In spite of the progress experimented by the design and application of IPM systems in EU, use of pesticides in Europe is still increasing although at lower rates than in the past.

Figure 2 shows a stability of pesticide sales in Europe in the recent years in spite of the noticeably decrease of registered products – mainly insecticides – due to EU legislation. The publication of the 2009/128/CE directive on sustainable use of pesticides aroused much expectation and hope in European agriculture. Most of EU states have already activated their national plans for the implementation of that directive. In the coming years we will be able to check if the directive has achieved its main objectives.

### TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF COMPONENTS AND TOOLS FOR IPM

Review of the vast literature on IPM confirms that success has come from a fundamental understanding of the ecology of crop/pest interactions, rarely from a revolutionarily new control tactic (KOGAN, 1998). Consequently, more research is needed to know the components of agricultural ecosystems, their relationships and how we can manage them to increase environmental resistance to pest population development. Let me advocate, therefore, for a better funding of fundamental research aimed at better understanding the ecology of agricultural ecosystems. Although most of EU FP & H2020 and national R&D calls

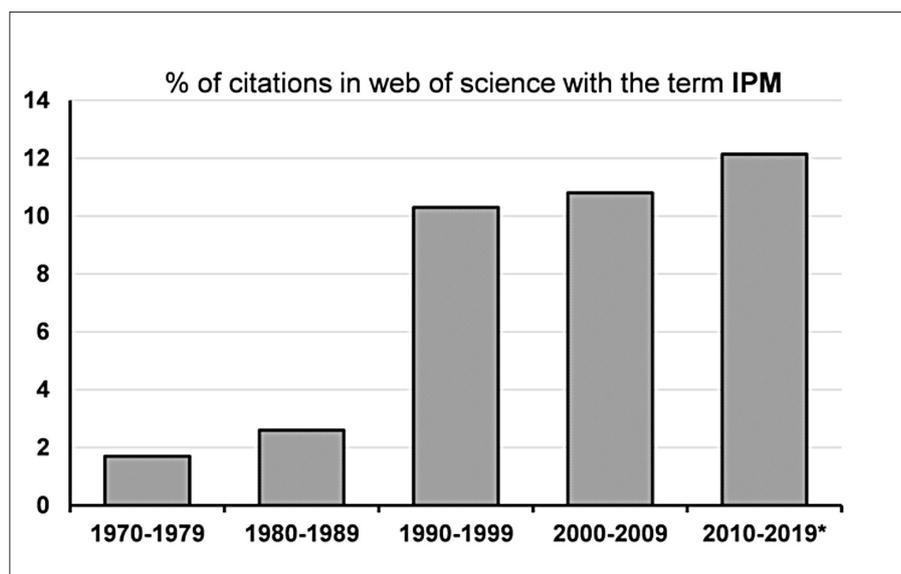


Fig. 1 – Percentage of references that have the term IPM (Integrated Pest Management) with a scientific content (Web of Science) during the period 1970-2016.  
\* Data of 2017, 2018 and 2019 are projections calculated from 2010-2016 data.

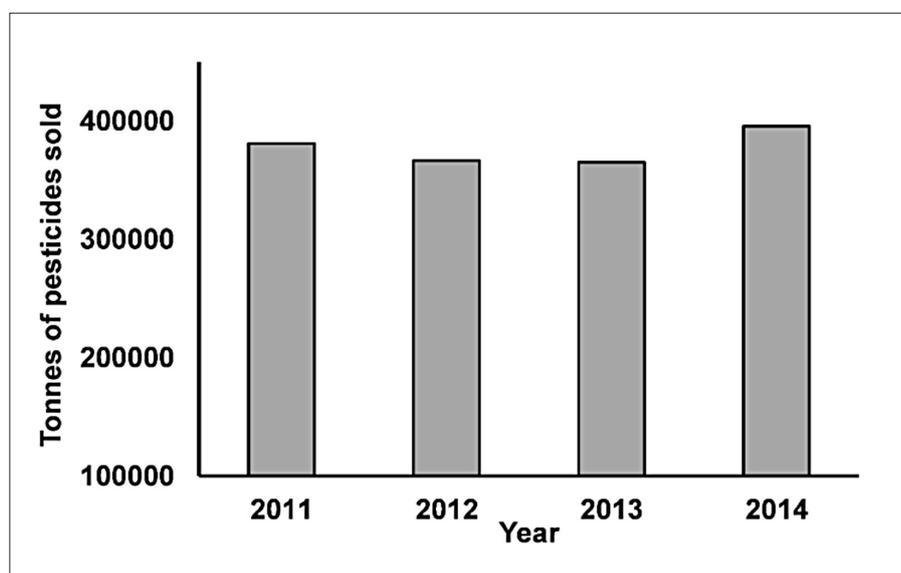


Fig. 2 – Evolution of pesticide sales (tonnes) in EU agriculture in recent years. Adapted from: Eurostat 2016, Agri-environmental indicator - consumption of pesticides.

include IPM as a priority, often topics involved deal with ‘practical’ control objectives and rarely on objectives focused on acquiring a deeper knowledge about agroecosystems functioning, that should be the basis for developing sound IPM programmes.

*Plant resistance.* Use of plant resistance has been particularly focused on disease control but much less on insect pest control. Attention to insect-plant relationships has been paid only in recent years and much of what we know on them mostly comes from the domain of plant pathology, that is, the relationship between host plant and pathogens. However, the way plant pathogens take advantage of plants is very different from how insects do, including that the attack of herbivore insects starts by wounding the plant, insects may be attracted to certain host plants from long distances and role of

plant volatiles are often crucial, the insect is able to move and leave the plant after probing plant quality, insect response is given at cellular, population, and community levels so tri-trophic relationships may govern insect- plant relationships. In spite of increased scientific literature nowadays available on insect- plant relationships, very little innovation has issued into the market to use plant resistance to herbivore insects and mites for pest control in contrast with disease control where new crop varieties that have incorporated disease resistance are commercially available since decades. About a 10% of scientific literature on agricultural entomology refers to insect- plant relationships or crop plant resistance in last 20 years (ALBAJES, 2010); perhaps we can expect in the next future that a larger part of those scientific results will lead to commercial developments.

**Biological control.** Biological control is one of the cornerstone of IPM systems for controlling arthropod pests. In fact, we have only a ‘few’ pests due to the natural control that natural enemies exert on herbivorous arthropods that otherwise could feed on crop plants. That is why biological control by conservation and enhancement of naturally occurring natural enemies is gaining a lot of interest in recent years. This tendency, however, is limited by lack of stimuli to invest by natural enemy industry, which is based on inundative or augmentative biological control. About one hundred natural enemy species are commercialized in Europe and Mediterranean Africa for releasing in several crops, mostly protected crops (Table 1). In these, the paradox is to release predators that are found in nature, sometimes even not far from the greenhouses but that cannot enter into because the screens that very often are placed in greenhouse windows.

Table 1 – Families and number of species commercially used as biological control agents. Source: EPPO (www.eppo.int, accessed November 2017).

Class, Order	Family (number of species)
Arachnida, Acari	Phytoseiidae (9)
	Others (2)
Insecta, Hemiptera	Anthocoridae (6)
	Pentatomidae (2)
Insecta, Neuroptera	Chrysopidae (1)
Insecta, Coleoptera	Coccinellidae (12)
	Staphylinidae (2)
Insects, Thysanoptera	Aeolothripidae (2)
	Phlaeothripidae (1)
Insecta, Diptera	Cecidomyiidae (2)
	Syrphidae (2)
Insecta, Hymenoptera	Encyrtidae (17)
	Aphelinidae (12)
	Braconidae (8)
	Trichogrammatidae (5)
	Eulophidae (3)
	Pteromalidae (2)
Nematoda	Heterorrhaditidae (2)
	Phasmarhabditidae (1)
TOTAL	91

**Conservation biological control.** Is classically used in pome fruit and citrus orchards to control several pests such as pear psylla in pear orchards or red spider mite in apple orchards. Both pests may be reasonably controlled by correct orchard management practices to enhance the action of predatory bugs in the former case or the conser-

vation of phytoseiid mites in the second case. A faster and reliable development of conservation biological control may come from the study of relationships between agrosystems components and the surrounding landscape. The idea of management of crop and non-crop habitats for natural enemy conservation in the framework of area wide IPM implementation is not new but needs to be based on local field studies, not on general knowledge; this kind of studies requires great and patient efforts by local and expert scientific teams that are not available everywhere. Further developments of metapopulation ecology applied to agriculture may additionally facilitate such a progress.

**Classical biological control** – that is the importation and release of exotic natural enemies to control exotic pests has achieved important successes in the control of pests in the last 150 years. However, much criticism has received this technique in the last years (FOLLETT and DUAN, 2000). Although only a few cases have been soundly documented of impacts of exotic natural enemies on native species and other side effects, *ad hoc* legislation is being elaborated in EU about classical biological control (BIGLER *et al.*, 2006). Nuisance created to people and damages caused on certain crops by the imported lady beetle *Harmonia axyridis* is probably one of the most known recent cases of side effects of classical biological control. The species was imported into Europe and other parts of the World from Asia to control aphid pests some years ago and it is spreading in several areas of the EU.

**Microbial control.** Dozens of entomopathogenic microbes are sold in EU market including mainly bacteria, fungi, viruses, and nematodes. Most of the so called biopesticides are entomopathogens (Table 2). Biopesticides represent a 5% of the world plant protection product market. The largest part of the biopesticide market is the bacterium *Bacillus thuringiensis* Berl. which includes several subspecies and strains that are quite selective for

Table 2 – The EU market for biopesticides by type through 2021 (million dollars). Source: BCC Research.

Type	2015	2016	2021	CAGR% 2016-2021
Bacteria	391.7	427.2	952.2	17.4
Fungal	45.7	49.9	104.3	15.9
Viral	22.8	24.9	50.5	15.2
Other*	48.3	52.6	109.5	15.8
Total	508.5	554.6	1,216.5	17.0

\* It includes pheromones and natural enemies.

specific insect families. In spite that entomopathogens are widely used in organic farming, some of the innovative developments to improve their efficacy have generated a strong controversy in EU and have limited their commercialization. Biotechnological manipulation of entomopathogens, gene transfer of insecticidal capacity of entomopathogens to crop plants, use RNA interference (RNAi) to make insect pests more susceptible to entomopathogens by interfering the expression of selected genes, vectoring entomopathogens by insects –mostly honey bees until now, new entomopathogens or new formulations of known species that have new modes of action or that are more tolerant to limiting environmental conditions are some of the goals that are in the innovation pipeline of public and private research laboratories. Wide compatibility of microbial products with other IPM tools is the main advantage of this technique; the strict legislative requirements for the registration of biopesticides based on entomopathogens in EU are their main limitation.

*Cultural controls.* Management of crop and associated non-crop habitats to do environment less favourable to arthropod pests or more favourable to their natural enemies, is a major component of IPM. This set of techniques has received little attention from the scientific research. Very few papers with the term ‘cultural controls’ as a key word have been produced (ALBAJES, 2010); however, many data on insect biology and behaviour may contribute to the design of cultural practices aiming to enhance environmental resistance to herbivorous insect population increase. Although cultural control is apparently easy to apply, identification of practices that are detrimental for herbivorous insects requires a deep knowledge of agrosystems functioning and even if they are clearly identified, their modification is not always feasible due to several reasons including cost increase, incompatibility with other agricultural practices, new requirements of the machinery that is not available in the farm, insufficient expertise in the farm to introduce the new technique. A manual of good cultural practices for an efficient application of IPM is recommendable and special training and demonstration trials are likely needed to introduce modifications in routine cultural practices. Arrogance of technological progress often neglects those innovations apparently not sophisticated and needs extra efforts of extension to convince growers of the efficacy of correct cultural practices for pest control.

*Pesticides for IPM.* As mentioned above, 2009/128/CE directive on sustainable use of

pesticides reflects the awareness of EU government and citizens of risks of making pest control too much dependent on chemical pesticides. For the first time in EU legislation, it is written that pesticides are the last barrier of plant protection and they should be applied only when the other tools for pest control fail or are not available. In fact, more than 50% of insecticide active ingredients that were available at the end of the 20<sup>th</sup> century have been or will be soon banned. In spite of negative consequences of such drastic reduction like increased risks of insecticide-resistance or lack of efficient pesticides for minor pests and crops, the tendency creates additional incentives for the development of IPM systems. However, Figure 2 shows that in spite of the high number of pesticides banned in recent years, sales of pesticides in the EU are stable. This stability could be due the replacement of chemical active ingredients by non-chemical methods in agricultural pest control and also by a better use of pesticides. Precision farming is providing pest control with techniques that allow adapting pesticide doses to real crop needs by adjusting spraying devices to the canopy architecture. Table 3 shows a reduction of 27 % of the volume rate saved if the sprayer is able to adapt the volume rate to leaf area index (LAI) of crop plants as it sprays.

Table 3 – Pesticide saving when volume rate to be sprayed is adjusted to the leaf area index (LAI) of the crop plant.

Stage	LAI	Volume rate (L ha <sup>-1</sup> )	saving
Early	0.38	275	27%
Full	1.54	375	-

Source: Román & Planas (2017)

A more traditional innovative objective of pesticide industry is to increase selectivity and to reduce persistence of chemicals applied for pest control; these characteristics of modern pesticides facilitate farmers to combine chemicals and non-chemicals methods in true IPM systems.

*Pheromones and other semiochemicals.* Behaviour in insects is governed mainly by semiochemicals, that is, those substances that produced and released in the environment by one individual elicit a response in other individuals that are able to recognise the substance. When the substance is recognised and provokes a response in individuals of the same species is called pheromone. Pheromones are the most used semiochemicals in IPM; hundreds of pheromones have been identified but only dozens of them are used for pest control in

mating disruption or mass trapping techniques in spite of the great effort done in field experimentation. For codling moth, an important pest of apples worldwide, the number of hectares treated with mating disruption has doubled every five years from 2000 to 2010 (Fig. 3).

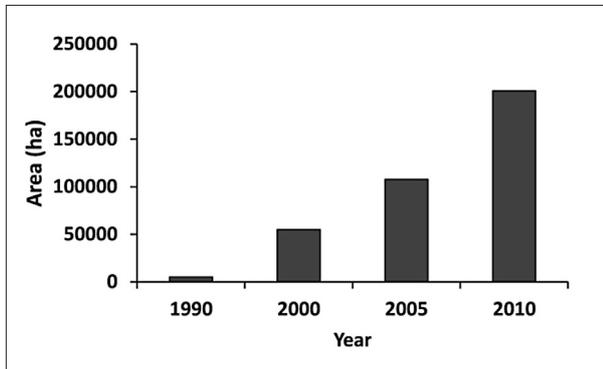


Fig. 3 – Evolution of area treated with mating disruption against codling moth (ha). Source: Witzgall *et al.*, 2010.

Millar asked in 2007 about the characteristics of agricultural systems in which pheromones for mating disruption or mass trapping have been applied most successfully and in which they failed. The author reports that successful cases are linked to the following features:

- Pheromone chemistry is well defined:
  - Components
  - Optimal ratios
  - Blend stability
- Active at long distances
- Short lifetime of non-feeding adults
- A limited host range of the insect pest
- A limited number of generations
- Physical characteristics of crop to minimize air volume to be treated
- Combination (interference?) with plant volatiles
- Easy to apply

More research is needed to increase the area of successful application of pheromones. For this, some driving forces for a further research on pheromones have been reported by MILLAR (2007) and they include:

1. Improve the insect biology knowledge
2. New emerging and exotic pests
3. Crop characteristics
  - GM crops (cotton, maize)
4. Economical perspective:
  - Market analysis
  - Scaling up the synthesis
  - Registration
  - Dispensers: nature and formulation
  - Density of releasing points
  - Indirect costs: training, monitoring

There have been several developments of non-pheromone semiochemicals for pest control and there is a very active research on it so that new successes are expected in the coming years. Among successful cases we can mention the 3 million hectares treated with mass trapping to control Mediterranean fruit fly. Management of natural enemies through kairomones or the use of these substances for push & pull techniques (COOK *et al.*, 2007) are other working fields with high potential for IPM.

*Biotechnological tools for IPM.* Applications of plant and insect biotechnology are among the most promising emerging tools for IPM. More than the 95% of genetically modified (GM) crops target pest organisms, mostly weeds and insect pests. European reluctance to grow GM varieties is slowing their deployment in the continent; as we have been involved in environmental risk assessment of maize that have incorporated the insecticidal capacity of the entomopathogenic bacterium *B. thuringiensis*, the so-called Bt maize, for many years, we can say that this GM crop is safe for non-target arthropods that live in maize ecosystems (COMAS *et al.*, 2013) in accordance with most of European authors who have reported on this topic. Probably, a case-by-case analysis of GM crops may be more useful for regulatory purposes and for decision making. Other biotechnological tools include RNAi, that have been used mainly for silencing defence genes in insect pests making them more susceptible to natural enemies, GM sterile insects for pest suppression which have been successfully applied to control mosquitos but not in Europe, kits for quick and easy identification of insects. Although there are several European research laboratories actively working in biotechnology applied to insect pest control, concerns of a part of EU society and restrictive European Commission regulations are blocking the development and application of many potential methods of pest control to integrate in IPM systems (MASIP *et al.*, 2013).

*Tools for IPM.* IPM systems require tools for an efficient application in the field. Pest assessment and decision making are the basic elements of any IPM system. Pest assessment in the field is based in sound sampling and monitoring methods that should balance precision requirements with costs of taking and processing samples. Knowledge on relationships between pest densities and yield should allow to calculate values of economic thresholds for several crops, pests and environments. Economic threshold is, in few words,

that minimal pest density at which pest control equals yield loss prevented by the application of a control measure. Economic threshold is a very simple concept but often not so easy to calculate. In fact, sound economic thresholds are rarely known for many crops and pests. Expert systems may help field technicians to understand and to manage all the complexity of agroecosystems and make correct decisions. For this, extension and training are key activities for a quicker adoption of IPM systems.

#### CONCLUSIONS: CHALLENGES FOR SPREADING IPM IN EU AGRICULTURE

a. A set of indicators about the progress of IPM implementation in EU show that its adoption needs to be accelerated. Inclusion of IPM among objectives of most of EU research calls, increasing number of scientific papers including IPM as a key word, EU 2009/128/CE directive on sustainable use of pesticides that declares IPM implementation as a key goal of EU for the coming years are among the positive results favouring the adoption of IPM technology. To persist in this line is a major challenge for European agriculture, science, and policy makers in the next future.

b. In spite that many pesticides, and particularly insecticides, have been banned in European agriculture, there is a stability of pesticide sales. Properties of pesticides are changing and modern active ingredients, including biopesticides, are more easily integrated in IPM systems. Pesticide industry is making an effort in the innovation with selective and non-persistent substances but also innovative application techniques to minimize volumes and doses are needed. Developments of precision farming may help in this direction.

c. An increased set of data about insect-plant relationships are being published in scientific literature in recent years. The application of this basic knowledge to produce plants that are more resistant or tolerant to insect pests is necessary, but most of results have not been developed in practical applications yet although it may be expected they will be in the coming time.

d. Biological and microbial control with predators, parasitoids, and entomopathogens has exploded in last decades in EU agriculture. Dozens of natural enemies are available in Europe. However, release of exotic beneficials in Europe has been criticised due to their potential impact on native fauna, although it must be said that there are

very few documented impacts of exotic natural enemies on local fauna. Rules about importation and release of arthropod biological control agents are being elaborated; several scientists have advocated to take into account that too restrictive legislation for classical biological control may lead to worse consequences; a balance between risks and benefits of releasing exotic natural enemies for classical biological control is needed. Most risks could be avoided by intensifying research on conservation biological control.

e. Use of biopesticides for microbial control of insect pests is still restricted to a few microorganisms but more and more species are being experimentally tested and they could bring new solutions for some pest problems. For this, it is needed to rationalize regulatory processes to register and use new active ingredients.

f. Cultural controls have been often neglected when developing IPM systems. To identify those agricultural practices that contribute pests to build high populations is required. This is usually difficult and even when known, it can be difficult to modify if changes are incompatible with agricultural procedures. However, effective cultural practices are usually cheap to apply.

g. Many semiochemicals playing a role in relationships of insects with environment and themselves have been identified. Additionally, insect behaviour associated to each of these semiochemicals has been elucidated in many cases, and therefore interference of insect pest operations has allowed to diminish their fitness and crop plant damage in a very selective way. Among semiochemicals used for IPM purposes, pheromones have had a preeminent role through mating disruption or mass trapping techniques in addition to their use for insect population monitoring. Also failures in pest control have accompanied relevant successes, mostly due to lack of comprehension of mechanisms involved in semiochemical functioning.

h. Progress in biotechnology has been crucial for many sciences and technologies, also in pest control. Plant resistance introduced in GM crop plants, RNAi techniques to interfere with insect defence against deleterious environmental factors, improved sterilization mechanisms for sterile male techniques, use of molecular markers for insect ecology studies or for insect identification are among some successes of biotechnological applications for pest control. However, EU should decide more clearly the role of biotechnology in the

scientific progress making decisions based on science and not on emotions without scientific basis.

i. Finally, some tools absolutely necessary for the successful implementation of IPM in commercial conditions should be improved. Knowledge of pest density and crop yield relationships must lead to determine sound economic thresholds for decision making in the field. Due to the many factors influencing values of economic thresholds, these are rarely known in specific conditions and too often values are not validated for local situations. Sampling and monitoring tools should allow the use of economic thresholds with the precision required.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Italian Accademia Nazionale di Entomologia and particularly Prof. Andrea Lucchi, from University of Pisa, for inviting us to give a talk which was the origin of this document.

This work was supported by the EU Horizon 2020 projects EMPHASIS (grant agreement № 634179) and EUCLID (grant agreement № 633999).

#### LITERATURE CITED

- ALBAJES R., 2010 — *Integrated Pest Management: an Entomologist's perspective*. - J. Plant Pathol., 92: (4, Supplement), S4.25-S4.32.
- BIGLER F., BABENDREIER D., KUHLMANN U. (Eds.), 2006 — *Environmental Impact of invertebrates for biological control of arthropods: Methods and Risk Assessment*. CAB International, Wallingford, UK.
- COMAS C., LUMBIERRES B., PONS X, ALBAJES, R., 2014 — *No effects of Bt-maize on non-target arthropods in the field in southern Europe: meta-analysis of 26 taxa*. - Transgenic Res., 23: 135-143.
- COOK S.M., KHAN Z.R., PICKETT J.A., 2007 — *The use of push-pull strategies for Integrated Pest Management*. - Annu. Rev. Entomol., 52: 375-400.
- FOLLETT P.A., DUAN J.J. (Eds.), 2000 — *Nontarget effects of biological control*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- KOGAN M., 1998 — *Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments*. - Annu. Rev. Entomol., 43: 243-270.
- MASIP G., ZABALZA M., PÉREZ-MASOT E., BANAKAR R., CEBRIAN D., TWYMAN R. M. CAPELL T., ALBAJES R., CHRISTOU P., 2013 — *Paradoxical EU agricultural policies on genetically engineered crops*. - Trends Plant Sci., 18: 312-324.
- MILLAR J.G., 2007 — *Insect pheromones for Integrated Pest Management: promise versus reality*. - Redia, 90: 51-55.
- OERKE E.C., DEHNE H.W., 2004 — *Safe guarding production losses in major crops and the role of crop protection*. - Crop Prot., 23: 275-285.
- ROMÁN C., PLANAS S., 2017 — *EU Euclid Project, Annual meeting*.
- STERN V.M., SMITH R.F., VAN DEN BOSCH R., HAGEN K.S., 1959 — *The Integrated Control concept*. - Hilgardia, 29: 81-101.
- WITZGALL P., KIRSCH P., CORK A., 2010 — *Sex pheromones and their impact of pest management*. - J. Chem. Ecol., 36: 80-100.
- YUDELMAN M., RATTA A., NYGAARD D., 1998 — *Pest Management and Food Production: Looking to the Future*. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 25. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.



## LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLA VITE: PROBLEMI RICORRENTI, SOLUZIONI E NUOVE SFIDE

ANDREA LUCCHI (\*) - CARLO DUSO (\*\*) - ALBERTO ALMA (\*\*\*)

(\*) DISAAA-a, Università di Pisa;

(\*\*) DAFNAE, Università di Padova;

(\*\*\*) DISAFA, Università di Torino.

Corrispondenza: andrea.lucchi@unipi.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "La protezione integrata delle colture: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 17 febbraio 2017

### *Grapevine integrated protection: recurring problems, solutions and new challenges*

This survey reports three examples of IPM implementation carried out in the vineyards of Tuscany (Central Italy), Piedmont and Veneto (Northern Italy) for the control of *Lobesia botrana*, *Planococcus ficus*, *Scaphoideus titanus* and phytophagous mites.

KEY WORDS: Pheromones, Mating disruption, Biological control agents, Encyrtidae, Coccinellidae, Phytoseiidae, IPM.

### INTRODUZIONE

La protezione integrata, definita dagli anglosassoni come "Integrated Pest Management" (IPM), è nata in California nei primi anni '50, in antitesi alla lotta insetticida "a calendario". Nelle prime definizioni di IPM veniva posto l'accento sulla necessità di considerare il controllo chimico e quello biologico come due facce della stessa medaglia, al cui riguardo gli insetticidi dovevano essere impiegati in maniera da interferire il meno possibile con la regolazione demografica degli organismi dannosi operata dai loro antagonisti naturali (SMITH e HAGEN, 1959). Nel 1993 il Dipartimento di Agricoltura (USDA) si impegnò ad applicare l'IPM, entro l'anno 2000, sul 70% delle superfici coltivate negli USA. Purtroppo le previsioni si rivelarono troppo rosee, se è vero che, come sostenuto da EHLER e BOTTRELL (2000), dopo 7 anni l'IPM era applicato solo sul 4-8% della superficie coltivata. Gli autori sopra citati definirono il fenomeno come "l'illusione dell'IPM", proponendo, come provocazione, la nuova definizione di "Integrated Pesticide Management" (gestione integrata dei prodotti fitosanitari) o di PM (senza la I) intendendo con esso "Pest Management". A partire dagli anni '70, l'IPM ha riscontrato molto interesse anche in Europa, come riportato nell'esauriente sintesi di FREIER e BOLLER (2009). Ai giorni nostri, almeno nei sistemi agricoli più evoluti, l'IPM è senza alcun dubbio la strategia di riferimento per il controllo dei fitofagi, dei patogeni e delle malerbe.

Molte definizioni di IPM sono state proposte, soprattutto negli anni '60, sia in Italia che all'estero. Una di queste, riferendosi al settore dell'entomologia, la

definisce come "...una strategia con la quale si mira a mantenere le popolazioni degli organismi nocivi al di sotto della soglia di dannosità, sfruttando i meccanismi naturali di regolazione e utilizzando metodi di controllo accettabili dal punto di vista ecologico, economico e tossicologico" (IOBC, 1977). In Europa, la Direttiva 2009/128/CE ha istituito un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei prodotti fitosanitari, sancendo l'obbligatorietà dell'adozione dell'IPM per gli Stati membri. In Italia, questa Direttiva è stata recepita con il Decreto Legislativo N. 150 del 2012 e infine attuata mediante il Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (Decreto Interministeriale 22 gennaio 2014). In tal modo si è inteso "stabilire gli obiettivi, le misure, i tempi e gli indicatori per la riduzione dei rischi e degli impatti derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari". Il PAN promuove la ricerca di alternative all'uso dei prodotti fitosanitari e fornisce indicazioni per ridurre l'impatto di questi prodotti nelle aree agricole ed extra agricole. Per le diverse filiere produttive, l'adozione dell'IPM nel controllo dei principali fitofagi dipende dall'esistenza di strumenti e mezzi alternativi agli insetticidi, che siano efficaci e, allo stesso tempo, economicamente accettabili.

Nella viticoltura italiana gli artropodi dannosi associati alla vite sono una cinquantina (LUCCHI, 2017). Di questi, per dannosità e frequenza, *Lobesia botrana* (Denis & Schiffmüller), *Planococcus ficus* (Signoret), *Scaphoideus titanus* Ball e alcuni acari Tetranychidi rappresentano le principali avversità biotiche su gran parte del territorio nazionale. Per la gestione di questi fitofagi esistono a tutt'oggi possibili mezzi e metodi, alternativi agli insetticidi, che hanno

acquisito nel corso degli ultimi anni un'importanza via via crescente per l'efficacia mostrata in diversi contesti viticoli. Questi rimedi si configurano come "promotori di IPM" offrendo agli operatori del settore viticolo soluzioni credibili e praticabili per il mantenimento della sanità delle viti e la salvaguardia delle produzioni.

Il presente contributo ospita tre casi studio condotti in altrettante regioni italiane, che offrono possibili soluzioni "integrate" nella gestione dei fitofagi sopra-mentzionati: mediante il ricorso ai feromoni e agli agenti di controllo biologico in Toscana, alla gestione ecologica dell'agroecosistema vigneto in Piemonte e agli acari predatori in Veneto.

UN'ESPERIENZA DI PROTEZIONE INTEGRATA RESA POSSIBILE  
DALLA PROFICUA COLLABORAZIONE TRA VITICOLTORI  
E RICERCATORI

Nella difesa delle colture sono ad oggi disponibili efficaci mezzi alternativi agli insetticidi che, tuttavia, non vengono adottati per mancanza di informazioni adeguate e/o di fiducia. Negli Stati Uniti questo vuoto è riempito dagli "University Extension Services", che supportano fattivamente i produttori nell'implementazione di strategie innovative per il controllo di fitofagi e organismi agenti di malattie. Qualcosa di simile si è verificato negli ultimi anni in Trentino, dove la stretta cooperazione tra produttori e strutture pubbliche di ricerca (l'Istituto agrario di San Michele all'Adige, oggi Fondazione E. Mach) ha favorito l'adozione dell'IPM sul territorio provinciale con l'applicazione della confusione sessuale come principale metodo di controllo dei Lepidotteri del meleto e del vigneto sulla quasi totalità delle superfici coltivate (IORIATTI e LUCCHI, 2016). Per quanto riguarda la Toscana, vengono qui riportati i risultati di una fruttuosa collaborazione tra Università di Pisa e Aziende viticole che ha portato in soli tre anni all'applicazione di strategie IPM in più di 1000 ettari di vigneto nel territorio prestigioso della DOC Bolgheri, sul litorale livornese (DMS: 43.233982, 10.614802).

#### *Principali problematiche entomologiche*

I vigneti del Bolgherese hanno subito in anni recenti pesanti infestazioni da parte della tignoletta della vite *L. botrana* e della cocciniglia farinosa *P. ficus*. Le strategie insetticide generalmente adottate dai viticoltori includevano due o tre interventi all'anno contro la tignoletta con regolatori di crescita o fosfororganici e 1-2 trattamenti all'anno contro la cocciniglia con fosfororganici o con insetticidi sistemici. Recentemente, una nota azienda viti-vinicola della zona si è rivolta all'Università per concordare una strategia alternativa nella gestione dei due insetti menzionati in quanto gli

insetticidi utilizzati fino a quel momento avevano assicurato una parziale efficacia.

#### *Un piano per la gestione integrata*

Su nostra proposta, l'azienda ha applicato dalla fine di marzo 2014 la confusione sessuale (CS) per il controllo di *L. botrana* su solo un sesto (50 ettari) dell'intera superficie aziendale, in modo da poter confrontare i risultati ottenuti con la strategia insetticida convenzionale, applicata sulla superficie rimanente. La CS è stata applicata con erogatori Shin-Etsu Isonet L® ad una densità di 500 unità per ha. La gestione delle popolazioni di *P. ficus* comprendeva il rilascio di due agenti di controllo biologico (BCA), il parassitoide *Anagyrus* sp. near *pseudococci* (Girault) (Hymenoptera Encyrtidae) a metà maggio (1.000 individui/ha su un totale di 3,5 ettari) e il predatore *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera Coccinellidae) (500 individui/ha su un totale di 4 ettari) a giugno e/o a luglio. Il monitoraggio delle popolazioni dei due fitofagi è stato effettuato con trappole a feromone e campionamenti sui grappoli. La valutazione di efficacia è stata condotta sia nei vigneti a confusione che in quelli convenzionali per quanto riguarda la tignoletta e negli appezzamenti nei quali sono stati rilasciati gli insetti utili per quanto riguarda la cocciniglia, a confronto con vigneti testimone. Per valutare l'efficacia della CS contro *L. botrana* sono stati presi in considerazione (a) il numero di catture settimanali di maschi nelle trappole a feromoni (Trap Test Isagro®); (b) la percentuale di grappoli infestati e il numero di nidi per infiorescenza (prima generazione), o il numero di larve per grappolo e il numero di acini danneggiati per grappolo (seconda e terza generazione). Le infestazioni di prima e seconda generazione sono state valutate attraverso indagini non distruttive, in vigneto, di infiorescenze e grappoli verdi. Nel caso della terza generazione, una stima della popolazione larvale e dell'infestazione è stata fatta alla raccolta, su campioni di grappoli raccolti nei vigneti e sezionati in laboratorio. Per quanto riguarda le popolazioni di cocciniglia, l'efficacia degli agenti di biocontrollo è stata valutata in base al numero di esemplari parassitizzati da *Anagyrus* sp. near *pseudococci* a metà luglio e alla raccolta, e mediante la stima delle popolazioni di larve e adulti di *C. montrouzieri* nei vigneti oggetto dei rilasci e in quelli testimone. La valutazione di efficacia sul campo ha portato all'osservazione di oltre 20.000 grappoli durante l'intera stagione produttiva.

#### *Risultati*

Fin dal primo anno i risultati sono stati molto promettenti, l'azienda viticola non ha trattato con insetticidi nei vigneti a confusione, con un'infestazione estremamente bassa alla raccolta (meno del 5% dei grappoli

infestati), mentre ha trattato due volte nelle aree convenzionali con methoxyfenozide e chlorantraniliprole, con un'efficacia notevolmente inferiore alla vendemmia in termini di grappoli infestati. Inoltre, sono stati ottenuti eccellenti risultati nel controllo di *P. ficus*, cosicché altre aziende locali hanno aderito al progetto nell'anno seguente.

Nel 2015 la confusione è stata applicata nel Bolgherese su 300 ettari e gli agenti di controllo biologico rilasciati su circa 20 ettari, confermando gli ottimi risultati ottenuti nell'anno precedente.

Per questo nel 2016 altre importanti aziende locali sono entrate a far parte del progetto, la confusione per *L. botrana* ha riguardato un totale di 700 ettari mentre predatore e parassitoide della cocciniglia sono stati utilizzati su circa 200 ettari.

La sostanziale diminuzione della quantità di insetticidi dovuta all'introduzione della confusione e degli insetti utili è stata percepita dalle aziende del Bolgherese come un primo importante passo verso la produzione di vini caratterizzati non solo da elevata qualità ma anche da elevati standard di sicurezza per gli operatori e da ridotto impatto ambientale. Il programma triennale ha portato ad una drastica riduzione delle popolazioni dei due insetti, cosicché altre aziende hanno aderito al progetto nel 2017 e l'area gestita in IPM è ulteriormente aumentata (la confusione sessuale è stata applicata su oltre 1.000 ha e gli agenti di biocontrollo sono stati rilasciati su circa 400 ha).

#### L'AGROECOLOGIA NEL CONTROLLO DI *SCAPHOIDEUS TITANUS*

La distribuzione di giovani e adulti di *S. titanus* (Hemiptera Cicadellidae) è di tipo aggregato: ciò significa che l'insetto tende a concentrarsi in alcune porzioni del vigneto tralasciandone altre (JERMINI *et al.*, 1993; BOSCO *et al.*, 1997; LESSIO e ALMA, 2006). Tuttavia, mentre i giovani sono estremamente sedentari, gli adulti presentano una buona mobilità. Una tecnica che ha permesso di chiarirne l'effettiva capacità di dispersione è la marcatura con proteine alimentari e successiva cattura, che consiste nel distribuire direttamente sulle piante, in questo caso sui focolai di vite americana infestati dall'insetto, una soluzione acquosa di albume d'uovo (10%) o di latte vaccino (20%), e di disporre trappole cromotattiche a diversa distanza dalla zona trattata (LESSIO *et al.*, 2014). Le cicaline vengono a contatto con le sostanze traccianti frequentando le piante, e una volta catturate sulle trappole vengono rimosse e sottoposte ad analisi ELISA per l'identificazione del tracciante stesso. In alcuni casi, gli adulti hanno dimostrato grande capacità di dispersione, arrivando a spostarsi per oltre 400 m, e fino a oltre 2 km. Tuttavia, la maggior parte degli spostamenti

è dell'ordine di alcune decine di metri (LESSIO *et al.*, 2014).

La correlazione spaziale degli adulti è in effetti di circa 150-200 m, oltre i quali i fattori maggiormente condizionanti sono l'ambiente circostante e la difesa fitosanitaria (LESSIO *et al.*, 2011). Si presume che la dispersione degli adulti avvenga lungo corridoi ecologici con presenza di vite, piuttosto che direttamente in linea d'aria (LESSIO e ALMA, 2004a; LESSIO *et al.*, 2014). Lo spostamento degli adulti all'interno del vigneto tende a seguire l'orientamento dei filari (LESSIO *et al.*, 2009), e l'effetto-bordo risente principalmente delle zone non gestite con presenza di vite (PAVAN *et al.*, 2012; LESSIO *et al.*, 2014). Tali aspetti potrebbero essere sfruttati, in futuro, per individuare zone del vigneto con funzione di cuscinetto o di barriera naturale nell'ambito della lotta insetticida. Ad esempio, nei nuovi impianti potrebbero essere realizzati filari marginali orientati parallelamente al fronte delle zone incolte, ove concentrare i trattamenti insetticidi. L'attività di volo è prevalentemente crepuscolare, sia per i maschi che per le femmine (LESSIO e ALMA, 2004b).

Per quanto riguarda i limitatori naturali, nel suo areale d'origine *S. titanus* subisce la parassitizzazione di numerose specie di Imenotteri Driinidi e Ditteri Pipunculidi che, purtroppo, non si sono adattati alle condizioni climatiche europee (NUSILLARD *et al.*, 2003). Alcune specie paleartiche, invece, fra cui alcuni Imenotteri Driinidi e Mimaridi (questi ultimi parassitoidi delle uova), hanno mostrato un certo grado di adattamento nei confronti di *S. titanus* (ALMA e ARZONE, 1994; ARZONE e ALMA, 1994).

Dal momento che *S. titanus* prospera in ambienti quali vigneti non trattati o in stato di abbandono, incolti, boschi di neoformazione e boschi veri e propri in cui vi sia sviluppo di vite americana, un metodo di controllo efficace può consistere nell'eliminazione di tali focolai (LESSIO *et al.*, 2014). Tuttavia, occorre fare alcune distinzioni dal punto di vista giuridico per quanto riguarda le linee d'intervento possibili. Per quanto riguarda i vigneti in stato di abbandono, questi sono semplicemente soggetti a obbligo di estirpo. Negli ambienti di tipo diverso (scarpate stradali, boschi di neoformazione, boschi veri e propri, etc.), occorre valutare caso per caso le possibilità d'intervento soprattutto dal punto di vista normativo (CAMERANO e TERZUOLO, 2015). In ogni caso, l'eliminazione della vegetazione ospite non deve essere effettuata in presenza degli adulti di *S. titanus*, per non favorirne la diffusione verso i vigneti. Inoltre, la sostituzione della vite americana con colture alternative, ad esempio essenze nettariifere, potrebbe concorrere a stabilizzare l'agroecosistema vigneto (LESSIO *et al.*, 2017).

Fra le ricerche in corso su mezzi di lotta alternativi si possono citare l'impiego del caolino e le reti esclusi-

insetto. Il caolino è una polvere inerte, bianca, che distribuita sulle piante le rende meno visibili da parte degli insetti: è stato utilizzato con successo contro le psille del melo (DANIEL *et al.*, 2005), ma la sua efficacia (o meno) nei confronti di *S. titanus* deve ancora essere confermata. Le reti escludi-insetto sono state impiegate negli USA, contro *Graphocephala atropunctata* (Signoret), un vettore di *Xylella fastidiosa* Well che causa la “Pierce’s disease” della vite (DAUGHERTY *et al.*, 2012); tuttavia, prove effettuate in Piemonte hanno dimostrato che la loro efficacia è solo parziale (dati non pubblicati).

LA GESTIONE DEGLI ACARI FITOFAGI PUÒ PRESCINDERE DAGLI ACARICIDI?

*Le infestazioni degli acari fitofagi nei vigneti: dall’impiego degli acaricidi al controllo naturale.*

Le infestazioni degli acari Tetranychidi nei vigneti si sono verificate in varie aree geografiche e in misura crescente a partire dal secondo dopoguerra. Alla base di queste manifestazioni sono stati individuati essenzialmente tre meccanismi: a) l’impiego diffuso di fungicidi ditiocarbammati e di insetticidi organici di sintesi, risultati dannosi nei confronti degli antagonisti naturali degli acari fitofagi, b) la scarsa sensibilità dei Tetranychidi nei confronti di molti prodotti fitosanitari, c) l’intensificazione colturale dei vigneti.

Dagli anni ’60 agli anni ’80 l’impiego degli acaricidi specifici era divenuto abituale nei programmi di difesa fitosanitaria della vite. Alla fine degli anni ’70, le aziende vitivinicole più avanzate del Veneto effettuavano un intervento acaricida al germogliamento e da uno a due interventi acaricidi nell’estate. Questo, per risolvere problemi legati essenzialmente a due specie di Tetranychidi: *Panonychus ulmi* (Koch) ed *Eotetranychus carpini* (Oudemans). L’aspetto paradossale è che questi interventi non ottenevano sempre gli effetti attesi, probabilmente a causa dell’efficacia decrescente di sostanze attive ormai datate. Questa situazione critica è stata affrontata soprattutto negli anni ’80 quando sono stati considerati con attenzione i risultati delle ricerche sugli acari Fitoseidi (Acari Phytoseiidae) intraprese da Paola IVANCICH GAMBARO (1973). Ne è una testimonianza il consistente numero di ricerche svolte su questi antagonisti naturali nei vigneti italiani ed europei (BAILLOD *et al.*, 1982; DUSO *et al.* 2012). Dalle indagini condotte in Italia sono emersi risultati sorprendenti sulla ricchezza di specie esistente nei vigneti, in particolare negli ambienti del Centro-Sud (CASTAGNOLI 1989; RAGUSA e TSOLAKIS, 2001). Allo stesso tempo, le conoscenze sulla biologia e sul comportamento delle numerose specie di Fitoseidi rinvenute sono apparse ancora limitate ai fini di un loro sfruttamento in lotta biologica.

*La valorizzazione dei Fitoseidi richiede conoscenze approfondite*

La comprensione del ruolo dei Fitoseidi nel controllo degli acari Tetranychidi ha richiesto un forte impegno da parte dei ricercatori che hanno cercato di rispondere ad una serie di quesiti mediante indagini di campo e di laboratorio. In particolare, sono stati studiati i principali fattori che influenzano la diffusione e la persistenza dei Fitoseidi nei vigneti. Nelle prime ricerche svolte nell’Italia nord-orientale, l’importanza dei Fitoseidi è emersa all’interno di prove in cui venivano poste a confronto strategie di difesa fitosanitaria compatibili o meno con l’attività di questi predatori (GIROLAMI 1981; DUSO *et al.*, 1983; GIROLAMI *et al.*, 1992). La divulgazione dei risultati di queste ricerche e la presenza di un servizio di assistenza tecnica, allora diffuso nel territorio veneto, hanno conseguito risultati concreti. La sostituzione dei fungicidi (soprattutto ditiocarbammati) e degli insetticidi (alcuni esteri fosforici) dannosi nei confronti dei Fitoseidi con prodotti più selettivi e l’adozione di soglie d’intervento hanno favorito la ricolonizzazione dei vigneti da parte dei predatori e il successo dei lanci inoculativi di Fitoseidi. Il primo fenomeno (registrato anche in altre regioni) è avvenuto rapidamente nei territori collinari e con maggior lentezza negli ambienti di pianura ove i ditiocarbammati erano fortemente impiegati. In questi ambienti sono state sperimentate soluzioni basate sul lancio inoculativo di Fitoseidi. Tuttavia, si trattava di individuare la specie più adatta a questo tipo di operazione in funzione delle condizioni ambientali e dei fitofagi presenti. Una serie di studi di campo ha posto in evidenza la grande efficacia di *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) nel controllo di *P. ulmi* e di *E. carpini*, confermando quanto intuito da IVANCICH GAMBARO (1973). Queste ricerche hanno posto a confronto *K. aberrans* con altre specie, in particolare *Typhlodromus pyri* Scheuten (dominante nei vigneti del centro Europa), *Amblyseius andersoni* (Chant) (comune negli ambienti temperato-umidi) e *Phytoseius finitimus* Ribaga (diffusa nei vigneti biologici) (DUSO, 1989; DUSO e PASQUALETTO 1993; GIROLAMI *et al.*, 1992; DUSO e VETTORAZZO, 1999). L’individuazione dei fattori che influenzano positivamente la persistenza dei Fitoseidi generalisti quando le prede scarseggiano è risultata indispensabile per l’affinamento delle strategie di gestione di queste risorse. Tra gli alimenti alternativi dei Fitoseidi sono apparsi particolarmente importanti il polline e alcuni patogeni, in particolare la peronospora. Le relazioni tra Fitoseidi e polline sono risultate spesso significative per *K. aberrans* e *T. pyri* (MALAGNINI *et al.*, 1997) mentre la peronospora rappresenta un alimento completo per *A. andersoni* e *T. pyri* (DUSO *et al.*, 2003; POZZEBON e DUSO, 2008). Una delle conseguenze pratiche di queste indagini è rappresentata dalla gestione dello sfalcio del cotico

erboso dell'interfila. Il rallentamento del ritmo di sfalcio consente una prolungata fioritura di specie a impollinazione anemofila e dunque un flusso pollinico che favorisce la sopravvivenza e la riproduzione dei Fitoseidi generalisti. Queste condizioni migliorano la resilienza delle popolazioni in seguito a interventi con prodotti fitosanitari non selettivi (GIROLAMI *et al.*, 2000). La diffusione di popolazioni di Fitoseidi resistenti agli esteri fosforici (TIRELLO *et al.*, 2012) e, probabilmente, ai ditiocarbammati (POSENATO, 1994) ha rappresentato un fenomeno fondamentale per la loro definitiva affermazione.

#### Problemi attuali e nuove sfide

Attualmente, nei vigneti del Veneto si eseguono pochissimi trattamenti acaricidi. Rimangono alcuni problemi localizzati associati all'acariosi (manifestazione dei sintomi indotti dall'eriofide *Calepitrimerus vitis* Nalepa) la cui genesi è ancora incerta. Sono segnalati focolai di *E. carpini* nelle aree collinari e in questo caso è sorta una discussione sulla responsabilità degli interventi con i neonicotinoidi (effettuati contro *S. titanus*) a causa di una loro presunta dannosità nei confronti dei Fitoseidi. Gli effetti negativi di alcuni neonicotinoidi sono associati soprattutto alla riduzione della fecondità dei predatori (DUSO *et al.*, 2014) e quindi interventi sporadici non dovrebbero manifestare effetti devastanti sull'acarofauna utile. In realtà, predatori e prede possono risultare esposti agli insetticidi mediante modalità differenti e i primi corrono seri rischi quando ingeriscono prede contaminate da neonicotinoidi (POZZEBON *et al.*, 2011; TIRELLO *et al.* dati non pubblicati). Recentemente, l'eriofide *Colomerus vitis* Pagenstecher è stato individuato quale possibile vettore del virus GPGV (MALAGNINI *et al.*, 2016). Se questo fenomeno fosse confermato potrebbero aprirsi nuovi scenari in cui gli acaricidi sarebbero chiamati in causa per ridurre drasticamente la presenza del vettore.

La protezione della vite in Veneto sta vivendo una nuova fase caratterizzata dalla diffusione di specie invasive. Tra queste preoccupano *Halyomorpha halys* (Stål) e *Drosophila suzukii* (Matsumura) ma non vanno trascurate le recenti infestazioni di *Erasmoneura vulnerata* (Fitch). L'impatto che la lotta chimica contro queste specie avrà sui rapporti tra acari fitofagi e predatori dovrà essere valutato con attenzione per non ripetere gli errori del passato.

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle esperienze sopra descritte, si ritiene che nei vigneti italiani non esistano ostacoli insormontabili per l'introduzione e l'implementazione di strategie IPM nel controllo dei fitofagi chiave.

Appare fondamentale tuttavia, oltre alla disponibilità e alla fiducia delle aziende nei confronti di possibili metodi alternativi, l'interesse dei ricercatori nella promozione e nel trasferimento delle conoscenze esistenti. Si ritiene che il mondo della ricerca debba assumere necessariamente un ruolo primario nel coinvolgere in tutti i modi i soggetti interessati a lavorare insieme per un obiettivo comune.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMA A., ARZONE A., 1994 - *Adattamento di driinidi paleartici al cicadellide nearctic Scaphoideus titanus Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae)*. MAF Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT), pp 77-82.
- ARZONE A., ALMA A., 1994 - *Indagini sui parassitoidi oofagi di Scaphoideus titanus Ball (Auchenorrhyncha Cicadellidae)*. MAF Convegno Lotta Biologica, Acireale (CT), pp 83-88-
- BOSCO D., ALMA A., ARZONE A., 1997 - *Studies on population dynamics and spatial distribution of leafhoppers in vineyards (Homoptera: Cicadellidae)*. - *Annals of Applied Biology*, 130: 1-11.
- CAMERANO P., TERZUOLO P.G., 2015 - *Flavescenza dorata - Guida per il contenimento delle viti rinselvatiche*. IPLA.
- CASTAGNOLI M., 1989 - *Recent advances in knowledge of the mite fauna in the biocenoses of grapevine in Italy*. In: *Influence of environmental factors on the control of grape pests, diseases and weeds*, Cavalloro R. (ed) A. A. Balkema, Rotterdam, pp 169-180.
- DANIEL C., PFAMMATTER W., KEHRLI P., WYSS E., 2005 - *Processed kaolin as an alternative insecticide against the European pear sucker, Cacopsylla pyri (L.)*. - *Journal of Applied Entomology*, 129: 363-367.
- DAUGHERTY M.P., GRUBER B.R., ALMEIDA R.P.P., ANDERSON M.M., COOPER M.L., RASMUSSEN Y.D., WEBER E.A., 2012 - *Testing the efficacy of barrier plantings for limiting sharpshooter spread*. - *American Journal of Enology and Viticulture*, 63: 139-143.
- DUSO C., 1989 - *Role of Amblyseius aberrans (Oud.), Typhlodromus pyri Scheuten and Amblyseius andersoni (Chant) (Acari, Phytoseiidae) in vineyards*. I. *The effects of single or mixed phytoseiid population releases on spider mite densities (Acari, Tetranychidae)*. - *Journal of Applied Entomology*, 107: 474-492.
- DUSO C., PASQUALETTO C., 1993 - *Factors affecting the potential of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) as biocontrol agents in North-Italian vineyards*. - *Experimental & Applied Acarology*, 17: 241-258.
- DUSO C., VETTORAZZO E., 1999 - *Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae)*. - *Experimental & Applied Acarology*, 23: 741-763.
- DUSO C., MALAGNINI V., PAGANELLI A., 1997 - *Indagini preliminari sui rapporti tra polline e Kampimodromus aberrans (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae)*. - *Allionia*, 35: 229-239.
- DUSO C., GIROLAMI V., BORGO M., EGGER E., 1983 - *Influenza di anticrittogamici diversi sulla sopravvivenza di predatori Fitoseidi introdotti su vite*. - *Redia*, LXVI: 469-483.
- DUSO C., POZZEBON A., KREITER S., TIXIER M.S., CANDOLFI M.P., 2012 - *Management of phytophagous mites in European vineyards*. In: "Arthropod Management in

- Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions” (Bostanian N.J., Vincent C., and Isaacs R. Editors), Springer, 191-217.
- DUSO C., POZZEBON A., CAPUZZO C., BISOL P.M., OTTO S., 2003 – *Grape Downy Mildew Spread and Mite Seasonal Abundance in Vineyards: Evidence for the Predatory Mites Amblyseius andersoni and Typhlodromus pyri*. - *Biological Control*, 27: 229-241.
- DUSO C., AHMAD S., TIRELLO P., POZZEBON A., KLARIC V., BALDESSARI M., MALAGNINI V., ANGELI G., 2014 – *The impact of insecticides applied in apple orchards on the predatory mite Kampimodromus aberrans (Acari Phytoseiidae)*. - *Experimental and Applied Acarology*, 62: 391-414.
- EHLER L.E., BOTTRELL D.G., 2000 – *The illusion of integrated pest management*. - *Issues in Science & Technology*, 16: 61-64.
- FREIER B., BOLLER E.F., 2009 – *Integrated Pest Management in Europe - History, Policy, Achievements and Implementation*. In: Peshin & Dhawan (Eds.): *Integrated Pest Management Volume 1: Innovation-Development Process*, pp 435-454, Springer Science + Business Media
- GIROLAMI V., 1981 - *Danni, soglie di intervento, controllo degli acari della vite*. In: *Proceedings del terzo incontro su “La difesa integrata della vite”*, Latina, Italy, 3-4 Dicembre 1981, pp. 111-143.
- GIROLAMI V., PICOTTI P., COIUTTI C., 1992 – *Ruolo determinante del fitoseide Amblyseius aberrans (Oud.) nel controllo degli acari fitofagi*. - *L'Informatore Agrario*, 68: 65-69.
- GIROLAMI V., BORRELLA E., DI BERNARDO A., MALAGNINI V., 2000 – *Influenza positiva sui Fitoseidi della fioritura del cotico erboso*. - *L'Informatore Agrario*, 51:71-73.
- IORIATTI C., LUCCHI A., 2016 - *Semiochemical Strategies for Tortricid Moth Control in Apple Orchards and Vineyards in Italy*. - *Journal of Chemical Ecology*, 42 (7): 571-583.
- IVANCICH GAMBARO P., 1973 – *Il ruolo del Typhlodromus aberrans Oudemans (Acarina Phytoseiidae) nel controllo biologico degli Acari fitofagi del Veronese*. - *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura*, 11:151-165.
- JERMINI M., D'ADDA G., BAUMGARTNER J., LOZZIA G.C., BAILLOD, M., 1993 – *Nombre des pièges englués pour estimer la densité relative des populations de la cicadelle Scaphoideus titanus Ball en vignoble*. - *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura*, 25: 91-102.
- LESSIO F., ALMA A., 2004A – *Dispersal patterns and chromatic response of Scaphoideus titanus Ball (Homoptera Cicadellidae), vector of the phytoplasma agent of grapevine flavescence doree*. - *Agricultural and Forest Entomology*, 6: 121-127.
- LESSIO F., ALMA A., 2004b -*Seasonal and daily movement of Scaphoideus titanus Ball (Homoptera : Cicadellidae)*. - *Environmental Entomology*, 33: 1689-1694.
- LESSIO F., ALMA A., 2006 – *Spatial distribution of nymphs of Scaphoideus titanus (Homoptera : Cicadellidae) in grapes, and evaluation of sequential sampling plans*. - *Journal of Economic Entomology*, 99: 578-582.
- LESSIO F., BORGOGNO MONDINO E., ALMA A., 2009 – *Spatial correlation of Scaphoideus titanus Ball adults on European grapevine at a plot scale: a case-study*. In: Boudon-Padieu, E. (ed.) 16<sup>th</sup> ICVG Meeting Les Progrès Agricole et Viticole, Dijon, France, pp 166-167.
- LESSIO F., BORGOGNO MONDINO E., ALMA A., 2011 – *Spatial patterns of Scaphoideus titanus (Hemiptera: Cicadellidae): a geostatistical and neural network approach*. - *International Journal of Pest Management*, 57: 205-216.
- LESSIO F., TEDESCHI R., ALMA A., 2017 – *Influence of foraging strip crops on the presence of leafhoppers and planthoppers associated to grapevines' phytoplasmas*. - *Bulletin of Insectology*, 70(2): 221-229.
- LESSIO F., TOTA F., ALMA A., 2014 – *Tracking the dispersion of Scaphoideus titanus Ball (Hemiptera: Cicadellidae) from wild to cultivated grapevine: use of a novel mark-capture technique*. - *Bulletin of Entomological Research*, 104: 432-443.
- MALAGNINI V., DE LILLO E., SILDARELLI P., BEBER R., DUSO C., RAIOLA A., ZANOTELLI L., VALENZANO D., GIAMPIETRUZZI A., MORELLI M., RATTI C., CAUSIN R., GUALANDRI V., 2016 – *Transmission of grapevine Pinot gris virus by Colomerus vitis (Acari: Eriophyidae) to grapevine*. - *Archives of Virology*, 161(9): 2595-2599.
- LUCCHI A., 2017 – *Note di Entomologia viticola*. Terza Edizione. Pisa University Press, 223 pp.
- NUSILLARD B., MALAUSA J.C., GIUGE L., MILLOT P., 2003 – *Assessment of a two years study of the natural enemy fauna of Scaphoideus titanus Ball in its North American native area*. - *IOBC/wprs Bulletin*, 26: 237-240.
- PAVAN F., MORI N., BIGOT G., ZANDIGIACOMO, P., 2012 – *Border effect in spatial distribution of Flavescence doree affected grapevines and outside source of Scaphoideus titanus vectors*. - *Bulletin of Insectology*, 65: 281-290.
- POSENATO G., 1994 - *Popolazioni di Amblyseius aberrans (Oud.) resistenti ad esteri fosforici e ditiocarbammati*. - *L'Informatore Agrario*, 50: 41-43.
- POZZEBON A., DUSO C., 2008 – *Grape downy mildew Plasmopara viticola, an alternative food for generalist predatory mites occurring in vineyards*. - *Biological Control*, 45: 441-449.
- POZZEBON A., DUSO C., TIRELLO P., BERMUDEZ ORTIZ P., 2011 – *Toxicity of thiamethoxam to Tetranychus urticae Koch and Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot (Acari Tetranychidae, Phytoseiidae) through different routes of exposure*. - *Pest Management Science*, 67: 352-359.
- RAGUSA DI CHIARA S., TSOLAKIS H., 2001 – *Phytoseiid faunas of natural and agricultural ecosystems in Sicily*. In: Halliday RB, Walter DE, Proctor HC, Norton RA, Colloff MJ (eds) *Proceedings of the 10th International Congress of Acarology*, CSIRO Pub, Collingwood, Australia, pp 522-529
- SMITH R.F., K.S. HAGEN, 1959 – *Integrated control programs in the future of biological control*. - *Journal of Economic Entomology*, 52: 1106-1108.
- TIRELLO P., POZZEBON A., DUSO C., 2012 – *Resistance to chlorpyrifos in the predatory mite Kampimodromus aberrans*. - *Experimental and Applied Acarology*, 56: 1-8.

## AGGIORNAMENTI SUL CONTROLLO INTEGRATO DEI PRINCIPALI FITOFAGI DELL'ORTICOLTURA PROTETTA IN AMBIENTE MEDITERRANEO

LUCIA ZAPPALÀ - ANTONIO BIONDI - GIOVANNA TROPEA GARZIA  
GAETANO SISCARO - CARMELO RAPISARDA

University of Catania, Department of Agriculture, Food and Environment, via Santa Sofia 100, 95123, Catania, Italy; corrispondenza: lzappala@unict.it  
Sintesi della lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "La protezione integrata delle colture: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide".  
Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 17 febbraio 2017.

### *Recent advances in Integrated Management of the main pests of vegetable protected crops in Mediterranean environment*

KEY WORDS: tomato, *Bemisia tabaci*, *Tuta absoluta*, *Nesidiocoris tenuis*, IPM

The EU Directive on the sustainable use of pesticides (2009/128/EC) is now adopted by most EU member States through their National Action Plans. Among its major aims, the reduction of pesticide risks and impact on human health and the environment and the promotion of Integrated Pest Management (IPM) approaches or techniques, such as non-chemical tools, are being pursued.

Greenhouse crops are extremely specialized farming systems with peculiar ecologic conditions deriving from climatic, agronomic and plant protection issues. Indeed, some traits (e.g. high number of pest generations and their frequent overlapping, limited and/or prevented access to native beneficials, rapid development of insecticide resistant pest populations) hamper the IPM applications, while several others (e.g. climate regulation, physical barriers, easier use of beneficials, knowledge intensive crop system and high value crops) facilitate the adoption of sustainable control techniques.

In Italy, tomato is one of the most important protected crops. Its pest complex, although diverse, can be reduced to a few key species represented by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), whiteflies [mainly *Bemisia* spp. gr. *tabaci* (Gennadius)] and the exotic moth *Tuta absoluta* (Meyrick).

Gall forming nematodes of the genus *Meloidogyne* have a remarkable dimorphism, with worm-like, mobile males and pear-shaped, sedentary females, which are the only forms parasitizing plants by penetrating, during their larval stage, their root tissues. Feeding activity of these nematodes nega-

tively affects the cells physiology and development, causing hypertrophy and hyperplasia which lead to root galls production. Highly infested roots remarkably reduce their function, consequently causing water stress to plants, as well as limited growth and production, up to death. Nematodes are important pests in greenhouses all over the warm regions, but they become particularly noxious especially in sandy soils, with high ground humidity, and spring and autumn temperatures ranging from 20 to 30°C. Many species are known to attack greenhouse vegetable crops worldwide, but *M. incognita* (Kofoid & White), *M. javanica* (Treub) and *M. arenaria* (Neal) are the most important ones in the Mediterranean region (COLOMBO, 2002; AMBROGIONI *et al.*, 2014). The integrated control of nematodes, which mainly relies on the adoption of resistant varieties, can also be obtained applying soil solarization, alone and/or in association with vegetal extracts, mychorrhizae and microbials [especially *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson] (V.V.A.A., 2014). Recently, garlic-based products have been used in pre-transplant for preventing nematode attacks and during the growing cycle as curative treatments.

The *Bemisia tabaci* species complex is a global concern on many crops, also due to the absence of clear discriminant morphological traits both in adults and juveniles. However, more than 35 putative species have been molecularly, biologically and behaviorally identified and characterized. In particular, their fitness on diverse host plants and their different degree of insecticide resistance development have been noticed (DE BARRO

*et al.*, 2011; BOYKIN, 2014). Whitefly damage consists in sapsucking, honeydew production and, most importantly, virus transmission, with more than 300 virus species being known to be transmitted by whiteflies (NAVAS-CASTILLO *et al.*, 2011; 2014). Important and harmful viruses are known to be transmitted by *Bemisia* spp. gr. *tabaci* on protected vegetable crops, such as TYLCV, TYLCSV or ToCV. A new “*B. tabaci*” transmitted virus, the Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV), has been reported very recently in Italy (PANNO *et al.*, 2016), affecting several host plants and mainly zucchini, causing great damage and high yield losses. The efficient control of whiteflies, and more broadly of whitefly related problems, is based on the use of adult mass trapping, of tolerant or resistant varieties, on the releases and conservation of parasitoids and/or predators, as well as microbial agents, on the application of insect-proof nets and UV-absorbing plastic films and of selective insecticides. A key role in the biological control of this pest is played by generalist predators, both mites and mirid bugs. The latter are mostly responsible for the crop resilience being omnivorous; however, this can become a weakness factor, as it will be explained later on. Insect-proof nets, properly maintained and periodically revised, greatly contribute to the control of whiteflies and other pests under greenhouse conditions. Among physical barriers, plastic films and in particular UV-absorbing ones have a great potential in whitefly control. Their application, jointly with the orientation of rows perpendicular to the main light source, greatly reduces adult whiteflies presence on crops as well as, more importantly, the percentage of virus infected plants (RAPISARDA *et al.*, 2005; 2006). The best results are obtained applying UV-absorbing plastic both on the roof as well as on the lateral walls. However, this technique is expensive mainly due to the need of yearly renewal of the plastic cover. An increase in the efficacy duration would benefit this control method.

The list of exotic pests reported infesting protected crops, was recently enriched by the South American tomato pinworm, *T. absoluta*, which was reported for the first time in Europe in Spain (2006) and after in Italy (2008) (TROPEA GARZIA *et al.*, 2012). This pest is currently reported worldwide in most tomato growing countries with the exception of China and the North American and Australian continents (BIONDI *et al.*, 2018). For its biological traits and economic relevance, this species is the key pest for tomato and can be effectively contained only by applying integrated control strategies, both before (e.g. removal of crop residues, soil sanitation, use of insect-proof nets) and after transplanting (e.g. pheromone traps, protection of indigenous natural enemies, rational insecticide applications) (SISCARO *et al.*, 2013). Nevertheless, the inaccurate integration of these techniques, together with

the strong tendency of the moth to develop insecticide resistant populations (HADDI *et al.*, 2012a; 2012b; 2017; RODITAKIS *et al.*, 2013; 2017), make this pest a constant threat to tomato production. Bioassays have been conducted to test  $\alpha$ -cypermethrin impregnated nets for their lethal and sublethal effects on *T. absoluta*. Significant reduction in longevity and reproduction of the exposed adults, as well as a repellent effect were recorded (BIONDI *et al.*, 2015). However, the technique is still limited to the experimental level in Europe. In the framework of sustainable pesticide use, a significant reduction of infestations, mainly due to a repellent effect on the moth egg-laying, was obtained with weekly applications of dustable sulphur (ZAPPALÀ *et al.*, 2012), which is commonly applied on tomato, at least in the first phases of the growing cycle. Sulphur can also be supplied in vapor phase using electric devices that, through heating, make sulphur flakes sublimate. Although this technique is not effective in controlling *T. absoluta*, it was proved very effective in reducing the diffusion of viruses (though not reducing the number of adult whiteflies collected) as well as in controlling dipteran leafminers, the tomato russet mite and the main tomato fungal diseases (COLOMBO *et al.*, 2010). However, the application of this technique is greatly reduced due the proved negative effects on the plastic covers and the galvanized metallic structures. Controversial results were obtained by mating disruption applications, which, most frequently, only allowed a reduction in the number of pesticide applications rather than a total substitution (COCCO *et al.*, 2013). Besides, the reports of parthenogenetic populations in the Mediterranean basin (CAPARROS MEGIDO *et al.*, 2012; ABBES & CHERMITI, 2014) question this technique. The moth sexual pheromone is instead greatly and effectively used alone or together with light and/or color, as attractant in mass trapping applications that contribute to the sustainable control of this pest (SISCARO *et al.*, 2013; CHERIF *et al.*, 2018). Finally, although the richness of the natural enemies complex reported in the Mediterranean basin (BIONDI *et al.*, 2013a; ZAPPALÀ *et al.*, 2013; ABBES *et al.*, 2014), generalist predators are the most promising antagonists for biological control of the moth. However, the biocontrol services provided by *T. absoluta* natural enemies can be disrupted by many insecticide applications, including several authorized in organic farming (BIONDI *et al.*, 2012; 2013b). Among the key *T. absoluta* biological control agents in the Mediterranean environments, the mirid *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) is largely employed in biocontrol programs in tomato crops through augmentative releases and conservative strategies against various pests (mites, thrips, whiteflies, and more recently also *T. absoluta*). However, under certain circumstances (i.e. low prey densities and high tem-

perature), it can cause economic losses by its repeated feeding on tomato plants. Specific trials were performed to evaluate the effect of companion plants on the mirid damage as well as on its biocontrol activity. *Sesamum indicum* L. was proved to be the most attractive plant for the bug, reducing the mirid damage on tomato though not interfering with its predatory activity on *T. absoluta* in laboratory and semi-field conditions. Besides, it proved to be the only suitable plant for *N. tenuis* development without any additional prey (BIONDI *et al.*, 2016). Sesame attractivity was also confirmed in olfactory trials (NASELLI *et al.*, 2016a) and in a preliminary semi-field trial which stimulates future larger scale trials. Finally, the evidence of plant defense induction by all *N. tenuis* instar feeding punctures (NASELLI *et al.*, 2016b) opens new insight in the predator biocontrol services.

The implementation of sustainable pest control programs, both targeting new exotic and previously established pests, requires constant efforts in scientific research and it is supported by the current European regulation on crop protection.

#### REFERENCES

- ABBES K., BIONDI A., ZAPPALÀ L., CHERMITI B., 2014 – *Fortuitous parasitoids of the invasive tomato leafminer Tuta absoluta in Tunisia*. - *Phytoparasitica*, 42: 85-92.
- ABBES K., CHERMITI B., 2014 – *Propensity of three Tunisian populations of the tomato leafminer Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) for deuterotokous parthenogenetic reproduction*. - *Afr. Entomol.*, 22: 538-544.
- AMBROGIONI L., CARLETTI B., ROVERSI P.F., 2014 – *Chapter 14, Nematodi galligeni* [pp. 337-366]. In: Ambrogioni L., D'Errico F.P., Greco N., Palmisano A.M., Roversi P.F. (coord.), *Nematologia Agraria generale e applicata*, Società Italiana di Nematologia, pp. 482.
- BIONDI A., DESNEUX N., SISCARO G., ZAPPALÀ L., 2012 – *Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator Orius laevigatus*. - *Chemosphere*, 87: 803-812.
- BIONDI A., CHAILLEUX A., LAMBION J., HAN P., ZAPPALÀ L., DESNEUX N., 2013a – *Indigenous natural enemies attacking Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) in Southern France*. - *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 23: 117-121.
- BIONDI A., ZAPPALÀ L., STARK J.D., DESNEUX N., 2013b – *Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects?* - *PLoS One*, 8: e76548.
- BIONDI A., ZAPPALÀ L., DESNEUX N., APARO A., SISCARO G., RAPISARDA C., MARTIN T., TROPEA GARZIA G., 2015 – *Potential toxicity of  $\alpha$ -cypermethrin-treated nets on Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae)*. - *J. Econ. Entomol.*, 108: 1191-1197.
- BIONDI A., ZAPPALÀ L., DI MAURO A., TROPEA GARZIA G., RUSSO A., DESNEUX N., SISCARO G., 2016 – *Can alternative host plant and prey affect phytophagy and biological control by the zoophytophagous mirid Nesidiocoris tenuis?* - *BioControl*, 61: 79-90.
- BIONDI A., GUEDES R.N.C., WAN F.H., DESNEUX N., 2018 – *Ecology, Worldwide Spread and Management of the Invasive South American Tomato Pinworm, Tuta absoluta: Past, Present, and Future*. - *Annu. Rev. Entomol.*, 63: 239-258.
- BOYKIN L.M., 2014 – *Bemisia tabaci nomenclature: lessons learned*. - *Pest Manag. Sci.*, 70: 1454-1459.
- CAPARRROS MEGIDO R., HAUBRUGE E., VERHEGGEN F.J., 2012 – *First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer, Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)*. - *J. Pest Sci.*, 85: 409-412.
- CHERIF A., HARBAOUI K., ZAPPALÀ L., GRISSA-LEBDI K., 2018 – *Efficacy of mass trapping and insecticides to control Tuta absoluta in Tunisia*. - *J. Plant Dis. Protect.*, 125: 51-61.
- COCCO A., DELIPERI S., DELRIO G., 2013 – *Control of Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique*. - *J. Appl. Entomol.*, 137: 16-28.
- COLOMBO A., 2002 – *Le problematiche nematologiche delle colture ortive in serra*. - *Nematologia mediterranea*, 30 (supplemento): 17-20.
- COLOMBO A., RAPISARDA C., SISCARO G., TROPEA GARZIA G., CATALDI S., VITALE A., ZAPPALÀ L., POLIZZI G., 2010 – *Zolfo sublimato per la difesa da malattie e fitofagi delle colture ortive*. - *Culture Protette*, 1: 88-94.
- DE BARRO P.J., LIU S.S., BOYKIN L.M., DINSDALE A.B., 2011 – *Bemisia tabaci: a statement of species status*. - *Annu. Review Entomol.*, 56: 1-19.
- HADDI K., BERGER M., BIELZA P., CIFUENTES D., FIELD L., GORMAN K., RAPISARDA C., WILLIAMSON M.S., BASS C., 2012a – *Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (Tuta absoluta)*. - *Insect Bioch. Mol. Biol.*, 42: 506-513.
- HADDI K., BERGER M., BIELZA P., CIFUENTES D., FIELD L.M., GORMAN K., WILLIAMSON M.S., BASS C., RAPISARDA C., 2012b – *Tomato leafminer, Tuta absoluta (Meyrick), and insecticide resistance: a new challenge for control strategies*. - *Bull. OILB/WPRS*, 80: 45-49.
- HADDI K., BERGER M., BIELZA P., RAPISARDA C., WILLIAMSON M.S., MOORES G., BASS C., 2017 – *Mutation in the ace-1 gene of the tomato leaf miner (Tuta absoluta) associated with organophosphates resistance*. - *J. App. Entomol.*, 141: 612-619.
- NASELLI M., ZAPPALÀ L., GUGLIUZZO A., TROPEA GARZIA G., BIONDI A., RAPISARDA C., CINCOTTA F., CONDURSO C., VERZERA A., SISCARO G., 2016a – *Olfactory response of the zoophytophagous mirid Nesidiocoris tenuis to tomato and alternative host plants*. - *Arthropod-Plant Inte.*, 11: 121-131.
- NASELLI M., URBANEJA A., SISCARO G., JAQUES J., ZAPPALÀ L., FLORS V., PÉREZ-HEDO M., 2016b – *Stage-related defense response induction in tomato plants by Nesidiocoris tenuis*. - *International J. Mol. Sci.*, 17: 1210.
- NAVAS-CASTILLO J., FIALLO-OLIVÉ E., SÁNCHEZ-CAMPOS S., 2011 – *Emerging virus diseases transmitted by whiteflies*. - *Annu. Rev. Phytopathol.*, 49: 219-248.
- NAVAS-CASTILLO J., LÓPEZ-MOYA J.J., ARANDA M.A., 2014 – *Whitefly-transmitted RNA viruses that affect intensive vegetable production*. - *Ann. App. Biol.*, 165: 155-171.
- PANNO S., IACONO G., DAVINO M., MARCHIONE S., ZAPPARDO V., BELLA P., TOMASSOLI L., ACCOTTO G.P., DAVINO S., 2016 – *First report of Tomato leaf curl New Delhi virus affecting zucchini squash in an important horticultural area of southern Italy*. - *New Disease Reports*, 33: 6.
- RAPISARDA C., CASCONI G., COLOMBO A., TROPEA GARZIA G., MAZZARELLA R., SERGES T., 2005 – *Controllo fisico di Bemisia tabaci e della virosi TYLCD in coltura protetta*. - *Culture protette*, 34 (8): 53-64.

- RAPISARDA C., TROPEA GARZIA G., CASCONI G., MAZZARELLA R., COLOMBO A., SERGES T., 2006 – *UV-absorbing plastic films for the control of Bemisia tabaci (Gennadius) and Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) on protected cultivations in Sicily (South Italy)*. - Acta Hortic., 719: 597-604.
- RODITAKIS E., SKARMOUTSOU C., STAUERAKI M., DEL ROSARIO MARTÍNEZ-AGUIRRE M., GARCÍA-VIDAL L., BIELZA P., HADDI K., RAPISARDA C., RISON J., BASSI A., TEIXEIRA, L.A., 2013 – *Determination of baseline susceptibility of European populations of Tuta absoluta (Meyrick) to indoxacarb and chlorantraniliprole using a novel dip bioassay method*. - Pest Manag. Sci., 69: 217-227.
- RODITAKIS, E., VASAKIS, E., GARCÍA-VIDAL, L., DEL ROSARIO MARTÍNEZ-AGUIRRE, M., RISON, J.L., HAXAIRE-LUTUN, M.O., NAUEN, R., TSAGKARAKOU, A., BIELZA, P., 2017 – *A four-year survey on insecticide resistance and likelihood of chemical control failure for tomato leaf miner Tuta absoluta in the European/Asian region*. - J. Pest Sci.: 1-15. doi:10.1007/s10340-017-0900-x
- SISCARO G., BIONDI A., HADDI K., RAPISARDA C., TROPEA GARZIA G., ZAPPALÀ L., 2013 – *Orientamenti di lotta integrata per il contenimento di Tuta absoluta (Meyrick) in Italia*. - Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Anno LX, 2012: 111-124.
- TROPEA GARZIA G., SISCARO G., BIONDI A., ZAPPALÀ L., 2012 – *Tuta absoluta, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage*. - EPPO Bull., 42: 205-210.
- VARIOUS AUTHORS, 2014 – *Chapter 10, Lotta* [pp. 155-245]. In: Ambrogioni L., D'Errico F.P., Greco N., Palmisano A.M., Roversi P.F. (coord.), *Nematologia Agraria generale e applicata*, Società Italiana di Nematologia, pp. 482.
- ZAPPALÀ L., SISCARO G., BIONDI A., MOLLÀ O., GONZÁLEZ-CABRERA J., URBANEJA A., 2012 – *Efficacy of sulphur on Tuta absoluta and its side effects on the predator Nesidiocoris tenuis*. - J. Appl. Entomol., 136: 401-409.
- ZAPPALÀ L., BIONDI A., ALMA A., AL-JBOORY I.J., ARNÒ J., BAYRAM A., CHAILLEUX A., EL-ARNAOUTY A., GERLING D., GUENAOUY Y., SHALTIEL-HARPAZ L., SISCARO G., STAVRINIDES M., TAVELLA L., VERCHER R., URBANEJA A., DESNEUX N., 2013 – *Natural enemies of the South American moth, Tuta absoluta, in Europe, North Africa and Middle-East, and their potential use in pest control strategies*. - J. Pest Sci., 86:635-647.

## I SEMIOCHIMICI NELLA DIFESA INTEGRATA DEL MELO IN TRENTINO-ALTO ADIGE

CLAUDIO IORIATTI (\*) - GIANFRANCO ANFORA (\*) (\*\*)

(\*) Centro Trasferimento Tecnologico, Fondazione Edmund Mach, Via Edmund Mach 1, 38010 San Michele all'Adige (TN)

(\*\*) Centro Agricoltura, Alimenti e Ambiente, Università di Trento, Via Edmund Mach 1, 38010 San Michele all'Adige (TN)

Corrispondenza: claudio.ioriatti@fmach.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "La protezione integrata delle colture: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 17 febbraio 2017.

### *The use of semiochemicals for the Integrated Pest Management in apple orchards in Trentino-South Tyrol, Italy*

With its 28,000 hectares, Trentino - South Tyrol region is the main apple-producing area in Italy and one of the most important apple-growing district in Europe. Codling moth (*Cydia pomonella*) is the key pest of apple orchards and economic losses associated with its infestation could be significant if not adequately controlled. Since the early Nineties area-wide applications of pheromone mating disruption (MD) has been implemented in the region for the control of codling moth. At present, after 25 years of constant increase of the treated surface, mating disruption is applied on about 24,000 ha i.e. 85% of the total apple growing area. For a complete control of the pest MD needs to be integrated with a post-blossom insecticide (methoxyfenozide or chlorantraniliprole), generally applied when the eggs of the first generation start hatching. While the main target is still codling moth, the multi-species dispensers are sometime applied to control leafrollers or oriental fruit moth. Once largely used, hand-applied reservoir dispensers are nowadays gradually replaced by aerosol technology that has shown comparable efficacy and reduced application costs. Additional insecticide applications potentially required to control new invasive alien species like *Halyomorpha halys*, the northward expansion of *Ceratitis capitata*, or the new outbreaks of apple proliferation disease vectored by *Cacopsylla picta* and *Cacopsylla melanoneura* can jeopardize the economic sustainability of MD application and foster research institutions and advisory services to find alternative control techniques.

KEY WORDS: tortricid pests, codling moth, mating disruption, pheromone dispensers, invasive alien species

### INTRODUZIONE

Con oltre 2 milioni di tonnellate di mele prodotte annualmente, l'Italia si contende una delle prime cinque posizioni nel ranking dei principali produttori mondiali. Gran parte della produzione si concentra nelle regioni settentrionali e fra queste spicca il significativo apporto del Trentino-Alto Adige la cui produzione, realizzata su poco più di 28.000 ha, è stimata contribuire per circa il 70% della produzione nazionale (DALPIAZ, 2014).

La produzione di mele nel Trentino-Alto Adige, come generalmente in tutta la melicoltura, è sorretta da un ampio apporto di fitofarmaci potenzialmente critici per quanto riguarda gli aspetti tossicologici e ambientali. Fino agli anni ottanta, infatti, il controllo dei fitofagi del melo era perseguito prevalentemente mediante il ricorso ad insetticidi esteri fosforici. In seguito, con l'accrescersi della consapevolezza dell'avverso impatto di tali sostanze sugli organismi utili e della potenziale tossicità nei confronti degli utilizzatori e di tutti coloro che risultavano inavvertitamente esposti alla deriva dei trattamenti, si promosse la loro sostituzione almeno per il controllo dei tortricidi ed in particolare per il controllo di carpocapsa, *Cydia pomonella* L., ubiquitariamente considerato il fitofago

primario del melo. Gli insetticidi scelti per sostituire gli esteri fosforici furono i regolatori di crescita degli insetti, considerati meno tossici e più selettivi nei confronti delle specie utili. Ben presto però, a seguito del loro reiterato impiego nella lotta alla carpocapsa (IORIATTI *et al.*, 1997; WALDNER, 1997), venne osservata una perdita della loro efficacia per l'insorgenza di fenomeni di resistenza (RIEDL e ZELGER, 1994), che agli inizi degli anni novanta interessava una superficie di circa 15.000 ha.

Fu questa criticità che, circa 25 anni orsono, indusse il sistema della produzione di mele regionale a sperimentare un radicale cambio di strategia nel controllo dei fitofagi tortricidi, passando dal controllo basato su insetticidi chimici all'uso di uno strumento estremamente selettivo per gli organismi utili e privo di tossicità per gli operatori e consumatori quale la confusione sessuale.

Il suggerimento ad intraprendere questa nuova strada arrivò dal convegno internazionale organizzato nel 1992 dall'IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control) a San Michele all'Adige durante il quale furono presentate non solo esperienze pilota sull'impiego di feromoni sessuali per il controllo dei fitofagi del melo, ma anche efficaci applicazioni pratiche di durata decennale rea-

lizzate in diverse parti del mondo (IORIATTI e ARN, 1992). Da allora il metodo della confusione sessuale per il controllo dei tortricidi del melo è divenuto lo strumento di riferimento per superare gli inconvenienti causati dall'uso degli insetticidi tradizionali, ed oggi (2017) risulta essere applicato su circa 24.000 ha di melicoltura regionale.

#### LEPIDOTTERI TORTRICIDI INFEUDATI AL MELO

In Trentino-Alto Adige *C. pomonella* è in grado di compromettere anche la totalità della produzione. In regione svolge due generazioni complete e, almeno alle altitudini più basse, una parziale terza generazione. Il modello di sviluppo basato sulla sommatoria dei gradi giorno è stato ampiamente validato ed è utilizzato diffusamente per decidere le modalità di intervento (MATTEDI *et al.*, 2008; SCHMIDT *et al.*, 2006). Oltre alla carpocapsa, non è raro dover adottare degli strumenti di controllo anche per il danno causato da altri lepidotteri ricamatori che in funzione delle località e delle annate possono essere ascrivibili principalmente a diverse specie quali *Adoxophyes orana* (Fischer v. Röslerstamm), *Archips podana* (Scopoli), *Pandemis heparana* (Denis & Schiffermüller), *Pandemis cerasana* (Hübner), *Argyrotaenia ljugiana* (Thunberg) e *Grapholita molesta* Busck. Sia le strategie di difesa mediante interventi con insetticidi che quelle che prevedono l'uso della confusione sessuale sono modulate tenendo conto della possibile copresenza di più specie di tortricidi.

#### DALLE PRIME ESPERIENZE SPERIMENTALI ALLA MESSA A PUNTO DI DIFFUSORI COMMERCIALI

Incoraggiati dei primi riscontri ottenuti nel controllo di carpocapsa in Francia e in Svizzera (AUDEMARD *et al.*, 1977; CHARMILLOT e BAGGIOLINI, 1975; WILDBOLZ *et al.*, 1973), si diede avvio anche in Trentino alle prime esperienze sperimentali di confusione sessuale (SACCO e PELLIZZARI SCALTRITI, 1983). Per l'applicazione del feromone venne adottata la stessa metodologia utilizzata in Francia e in Svizzera consistente nell'impregnare con il feromone sintetico di carpocapsa [(8E,10E)-8,10-dodecadien-1-ol, comunemente chiamato codlemone) addizionato di antiossidante (1% butylated hydroxytoluene o BHT) e dissolto in un solvente (esano), un tubo di caucciù che successivamente veniva tagliato in modo da ottenere degli spezzoni di circa 8-9 cm contenenti ciascuno approssimativamente 0,8-0,9 g di feromone. Questi diffusori artigianali venivano applicati con una graffettatrice al tronco delle piante distribuendo complessivamente 28-30 g/ha di feromone.

Sul finire degli anni ottanta si affacciarono anche sul mercato italiano i primi diffusori prodotti industrialmente che si potevano dividere in due tipologie: diffusori costituiti da una matrice impregnata di feromone quali gli Ecopom prodotti dall'Istituto Donegani, i diffusori a membrana semi-impermeabile Check Mate CM della Consep, l'EcoTape FTF della Certis, oppure diffusori a serbatoio come le ampole in plastica prodotte da BASF e i tubicini in polietilene prodotti da Shin Etsu (DOMENICHINI *et al.*, 1990; MICHELATTI *et al.*, 1990; TREMATERRA *et al.*, 1993; RAMA, 1997; TRONA *et al.*, 2009; IORIATTI e LUCCHI, 2016). Obiettivo comune a tutte le sperimentazioni condotte con questi diffusori era la valutazione della loro efficacia in funzione della formulazione feromonale utilizzata nonché di verificare la durata dell'emissione e la congruità del quantitativo emesso rispetto alle esigenze imposte dal fitofago da controllare. Nel corso della sperimentazione si poté constatare che i diffusori a serbatoio garantivano generalmente una maggior regolarità di emissione e una durata della stessa che consentiva di coprire con una sola applicazione ad inizio della primavera l'intera attività di volo annuale dell'insetto bersaglio, contrariamente a quelli a matrice impregnata per i quali era richiesta la reiterazione dell'applicazione nel corso dell'estate.

A causa della selettività dei metodi basati sui semiochimici, come la confusione sessuale, si possono creare nuovi spazi per pullulazioni dei fitofagi secondari. Un secondo obiettivo perseguito con le diverse tipologie di diffusori fu quindi la verifica della possibilità di combinare in un unico diffusore più feromoni sintetici in modo da poter controllare contemporaneamente la carpocapsa, che rimaneva il target principale, e altre specie di lepidotteri che talvolta coesistevano nel meleto, come i tortricidi ricamatori o la *G. molesta*.

#### L'APPLICAZIONE SU SCALA TERRITORIALE

Con il conseguimento di entrambi questi obiettivi primari, sul finire degli anni novanta fu possibile disporre di diffusori di feromone affidabili in grado di controllare una o più specie di fitofagi con un'unica applicazione ad inizio anno. Rimanevano ora da individuare le modalità applicative che consentissero di assicurare l'efficacia del metodo di lotta.

Il metodo di controllo basato sulla confusione sessuale richiede infatti che venga applicato su una superficie di una certa estensione, da un lato per consentire una omogenea distribuzione del feromone nell'atmosfera del meleto e dall'altro per limitare l'immigrazione nella coltura di femmine che si fossero accoppiate fuori dall'area trattata con il feromone. Data la particolare struttura fondiaria della melicol-

tura regionale, caratterizzata da piccole aziende spesso suddivise in diversi appezzamenti sparsi sul territorio, non sembrava ci fossero i presupposti per un successo della sua applicazione. L'ostacolo fu superato attraverso il coinvolgimento immediato delle strutture cooperative che si fecero carico di acquisire i diffusori e coinvolgere l'intera compagine sociale nell'applicazione del metodo. Fu così possibile mettere alla prova la confusione sessuale nelle condizioni applicative migliori ed ottenerne fin dall'inizio risultati ampiamente soddisfacenti grazie anche alla strategica collaborazione con i servizi di consulenza e con gli enti di ricerca e sperimentazione operanti sul territorio. Sulla scia dei positivi riscontri, la superficie interessata dalla confusione sessuale si estese velocemente e già nel 2004 si poteva contare una superficie di 14.000 ha trattati che salirono ulteriormente fino a circa 24.000 ha nel 2016 vale a dire quasi l'80% della melicoltura regionale (Fig. 1).

DAI DIFFUSORI AD EMISSIONE PASSIVA  
ALLA DIFFUSIONE ATTIVA TRAMITE AEROSOL

I diffusori di cui abbiamo fin qui parlato richiedevano di essere applicati prima dell'inizio del primo volo di carpocapsa in numero variabile (500-1.000/ha) in funzione della tipologia utilizzata con tempi di applicazione stimati da 1,5 a 3 ore/ha. In un contesto in cui la superficie media delle aziende melicole varia da 1,5 a 2,5 ha, l'applicazione dei diffusori non è di

per sé un grosso impegno per il frutticoltore; un po' più complicata risulta invece la distribuzione del materiale fra le diverse aziende e talvolta ciò si traduce in mancata o ritardata applicazione dei diffusori con possibilità di pregiudicare il buon funzionamento del metodo.

Dal 2010 è iniziata pertanto una sperimentazione per validare anche nella nostra regione l'efficacia della tecnologia aerosol per la distribuzione del feromone (BALDESSARI *et al.*, 2013). Si tratta di una tecnologia già sviluppata inizialmente nel Nord America per il controllo di carpocapsa ed altri tortricidi e che ha portato alla formulazione del primo prodotto distribuito commercialmente, il Checkmate Puffer® (Suterra LLC - Bend, OR, USA) (SHOREY e GERBER, 1996; KNIGHT, 2002; WELTER *et al.*, 2005; 2010; STELINSKI *et al.*, 2007; HIGBEE e BURKS, 2008). Vantaggi e svantaggi dell'impiego della tecnologia aerosol sono ampiamente discussi da BRUNNER (2017). Si tratta di dispositivi alimentati da batteria che nelle prime esperienze condotte in Trentino si presentavano come delle bombolette pressurizzate contenenti 70 g di codlemone predisposte per erogare ogni 15 minuti un "puff" di circa 7 mg di feromone. Il dispositivo era attivo per 12 ore, dalle 18.00 alle 6.00, periodo durante il quale avvengono gli accoppiamenti di carpocapsa in ambiente naturale (BATISTE *et al.*, 1973a,b). L'elevata quantità di feromone distribuito per singolo dispositivo consente di erogare, applicando soli pochi diffusori (2-3/ha), una quantità di feromone di sintesi equivalente a quella rila-

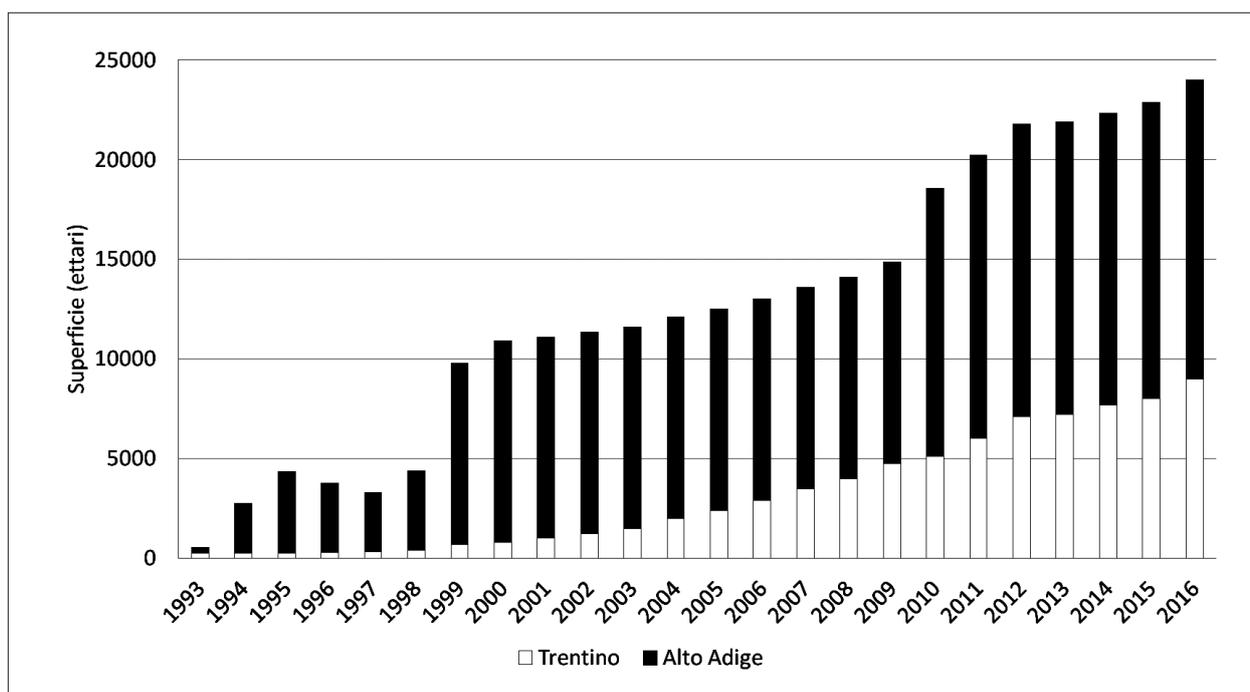


Fig. 1 – Superficie coltivata a melo interessata all'applicazione della confusione sessuale nei confronti di *Cydia pomonella* in Trentino- Alto Adige (per il Trentino dati forniti da Associazione Produttori Ortofrutticoli Trentini, per l'Alto Adige da Pernter, 2016)..

sciata per ettaro e per giorno con gli erogatori tradizionali da applicarsi manualmente (ANGELI *et al.*, 2013; CASADO *et al.*, 2014). Ciò ha consentito una drastica riduzione dei tempi di applicazione e una maggiore facilità di controllo delle corrette modalità di intervento, rendendo la tecnologia aerosol particolarmente adatta per una applicazione territoriale della confusione sessuale. Formulazioni simili sono state in seguito sviluppate anche da altri produttori, in particolare Isomate Mist (Mister) CM (Pacific Biocontrol, Vancouver WA, USA) e Semios CM (SemiosBIO Technologies Inc., Vancouver, BC, Canada) ed il loro impiego a fianco dei Checkmate Puffer® ha consentito una ulteriore estensione dell'area trattata (PERNTER, 2016). Dei 24.000 ha di meleto trattati nel 2017 con la confusione sessuale circa un 50% sono interessati dall'applicazione della tecnologia aerosol (Puffers®, Mister®), mentre la restante metà è ancora coperta dai dispenser tradizionali.

#### MODALITÀ DI APPLICAZIONE DELLA CONFUSIONE SESSUALE

Nella generalità dei casi il controllo della carpocapsa e degli eventuali altri tortricidi presenti è ottenuto affiancando alla confusione sessuale un trattamento insetticida eseguito in post fioritura, nel momento in cui schiudono le uova della prima generazione di carpocapsa. Il trattamento viene generalmente eseguito con methoxyfenozide o con chlorantraniliprole, insetticidi in grado di controllare nel contempo l'eventuale presenza di larve svernanti di lepidotteri ricamatori. Successivi interventi ad integrazione della confusione sessuale sono eseguiti raramente, in genere si limitano ai frutteti isolati e vicini alle zone urbanizzate e a fonti luminose. Gli interventi sono giustificati sulla base di controlli visuali nei frutteti che evidenziano il superamento della soglia di tolleranza o in seguito ad anomali incrementi di catture nelle trappole sessuali.

#### NUOVE SPECIE INVASIVE ED INSETTI VETTORI DI MALATTIE

L'azione combinata delle attività umane e dei cambiamenti climatici rende sempre più importante il problema dell'ingresso o della recrudescenza nei nostri ambienti di specie aliene invasive. Questo fenomeno è uno dei maggiori fattori di rischio per la sostenibilità della difesa integrata anche nella melicoltura del Trentino-Alto Adige.

Tra le specie che destano maggiore preoccupazione c'è il Pentatomide *Halyomorpha halys* (Stål). Questo

insetto polifago esotico ha recentemente invaso le aree frutticole del nord Italia (MAISTRELLO *et al.* 2013), ed è stato segnalato anche in Trentino-Alto Adige a partire dal 2016. Le punture di questa cimice provocano gravi necrosi e deformazioni su numerose specie di ortaggi e frutti. Il melo è tra le piante ospiti di questa specie, e negli Stati Uniti, la sua presenza sta provocando danni ingenti da oltre 10 anni su questa coltura e rivoluzionando le pratiche di lotta integrata finora adottate. Esiste per questa specie un feromone di aggregazione utilizzato in trappole per il monitoraggio la cui efficacia non è però sempre adeguata. Si sta pertanto investigando la possibilità di ottimizzare tali trappole tramite la combinazione con i segnali acustici che questa specie emette durante la comunicazione sessuale e con altri semiochimici di origine vegetale (MAZZONI *et al.*, 2017).

La mosca della frutta, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), è uno dei fitofagi più diffusi nel mondo, in grado di attaccare più di 300 diverse specie di piante da frutto incluso il melo (LIQUIDO *et al.*, 1990, PAPADOPOLUS *et al.*, 2001, DE MEYER *et al.*, 2002). La sua presenza in Italia è documentata fin dal 1863 e, per le sue precipue esigenze climatiche, fino a qualche tempo fa ha interessato prevalentemente la frutticoltura delle regioni più calde del meridione e del centro Italia. La frutticoltura trentina, ed in particolare la melicoltura, è stata pertanto esente dal rischio di attacchi dell'insetto almeno fino agli inizi degli anni novanta, quando sporadiche ed isolate infestazioni si sono registrate in frutteti (melo e pesco) situati in prossimità di supermercati e centri commerciali, dove presumibilmente venivano importate partite di frutta infestate dalla mosca. Dopo un lungo periodo durante il quale non sono stati più segnalati attacchi, a partire dal 2010, probabilmente in conseguenza dei cambiamenti climatici, le infestazioni di mosca sono riapparse annualmente in regione, interessando la sua parte meridionale, a sud di Trento, e la frutticoltura della valle del Sarca, oltre a qualche isolato frutteto nella periferia nord di Trento e attorno alla città di Bolzano. Questa situazione ha comportato la necessità di intervenire con specifici trattamenti insetticidi in prossimità della raccolta con conseguenze negative sia in termini di residui sulla frutta, che di esposizione della manodopera impegnata nella raccolta, oltre a mettere in discussione la convenienza tecnico-economica dell'applicazione della confusione sessuale per il controllo dei tortricidi. Per evitare tali inconvenienti si sta verificando la fattibilità e l'efficacia del controllo tramite attract and kill, metodo già ampiamente impiegato nel controllo di *C. capitata* su melo in Catalogna (BATLLORI *et al.*, 2003; ESCUDERO COLOMAR *et al.*, 2015; DAMOS *et al.*, 2015). Altri organismi non sono ancora presenti in Italia ma il loro ingresso è altamente probabile. È quindi fondamentale attuare pro-

grammi per la diagnosi precoce ed il monitoraggio, anche coinvolgendo cittadini volontari con il supporto di applicazioni digitali (MALEK *et al.*, 2017), e per l'identificazione delle strategie di controllo integrato più adatte.

Le malattie delle piante trasmesse da insetti sono un'altra grave minaccia in molti agroecosistemi. Per la melicoltura del Nord Italia gli scopazzi sono sicuramente la malattia che desta maggior preoccupazione. La fitopatia incurabile è causata da un fitoplasma che vive esclusivamente nel floema delle piante. Il fitoplasma si diffonde soprattutto mediante le sole due specie di insetti vettori finora accertate, *Cacopsylla picta* (Foerster), *Cacopsylla melanoneura* (Foerster). La perdita economica causata dalla malattia è dovuta alla produzione di frutti di ridotte dimensioni e di scarso valore organolettico. Recentemente in Trentino-Alto Adige si sono registrate recrudescenze della malattia in alcuni distretti frutticoli. Le attuali modalità di gestione della problematica mirano al contenimento della sua espansione mediante interventi insetticidi per il controllo dei vettori e all'estirpo delle piante sintomatiche. L'eventuale ulteriore nuova espansione della malattia potrebbe quindi mettere a repentaglio l'attuale gestione integrata degli insetti chiave basata su semiochimici. Per far fronte a questa problematica sono in corso studi sul sistema pianta-patogeno-vettore e su potenziali nuovi metodi di controllo (OPPEDISANO *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONI

In definitiva, l'applicazione su scala territoriale in Trentino-Alto Adige della confusione sessuale nei confronti della carpocapsa e degli altri Lepidotteri fitofagi del melo come tecnologia di riferimento della difesa integrata si è dimostrata efficace ed ha garantito molteplici benefici. I nuovi strumenti di diffusione dei feromoni possono aumentarne l'efficacia, ridurre i costi ed i tempi di applicazione.

La possibilità di gestire efficacemente insetti alieni invasivi e specie autoctone risorgenti con metodi eco-compatibili, possibilmente basati su semiochimici, è però una condizione essenziale per il mantenimento della sostenibilità economica della confusione sessuale. È quindi fondamentale che le istituzioni di ricerca e tutti gli altri soggetti interessati continuino a collaborare per accelerare la messa a punto di tali tecniche di controllo alternative.

## BIBLIOGRAFIA

ANGELI G., RIZZI C., BALDESSARI M., DALPIAZ M., 2013 – *Difesa dalla carpocapsa del melo con Checkmate® Puffer CM*. - Inf. Agr., 69: 51-54.

- BALDESSARI M., IORIATTI C., ANGELI G., 2013 – *Evaluation of Puffer® CM, a release device of pheromone to control codling moth on apple in Italy*. - IOBC-WPRS Bull., 91: 199-204.
- BATISTE W.C., OLSON W.H., BERLOWITZ A., 1973a – *Codling Moth: Diel Periodicity of Catch in Synthetic Sex Attractant vs. Female-Baited Traps*. - Environ. Entomol., 2: 673-676.
- BATISTE W.C., OLSON W.H., BERLOWITZ A., 1973b – *Codling Moth: influence of temperature and daylight intensity on periodicity of daily flight in the field*. - J. Econ. Entomol., 66: 883-892.
- BATLLORI J.L., VILAJELIU M., VILARDELL P., CREIXELL A., CARBÓ M., ESTEBA G., RASET F., VAYREDA F., GINÉ M., CURÓS D., 2003 – *Área piloto de reducción de insecticidas en plantaciones comerciales de manzano*. - Fruticultura Profesional, 136: 49-54.
- BRUNNER J.F., 2017 – *Aerosol delivery of pheromones in IFP: A mature technology for plant protection*. - IOBC-WPRS Bull., 123: 1-13.
- CASADO D., CAVE F., WELTER S., 2014 – *Puffer-CM dispensers for mating disruption of codling moth: Area of influence and impacts on trap finding success by males*. - IOBC-WPRS Bull., 99: 25-31
- DALPIAZ A., 2014 – *Innovazione e organizzazione, le uniche risposte per uscire dalla crisi*. - Fruticoltura, 11: 2-6
- DAMOS P., ESCUDERO-COLOMAR L.A., IORIATTI C., 2015 – *Integrated Fruit Production and Pest Management in Europe: The Apple case study and how far we are from the original concept?* - Insects, 6: 626-657
- DE MEYER M., COPELAND R. S., LUX S.A., MANSELL M., QUILICI S., WHARTON R.A. WHITE I.M., ZENZ N., 2002 - *Annotated checklist of host plants for Afrotropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the genus Ceratitis*. Documentations zoologiques Vol. 27, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium.
- DOMENICHINI P., CASTAGNA B., ABBIATI C., PEDRON S., PEZZINI G., 1990 – *First conclusions after 5 years of experiences carried out with mating disruption technique applied against oriental fruit moth (Cydia molesta Busck) on peach tree using polyethylene tube dispensers*. In: Atti Giornate Fitopatologiche, 1:237-246.
- ESCUDERO-COLOMAR A.L., VILAJELIU M., BATLLORI L., 2005 – *Captura masiva para el control de la mosca mediterránea de la fruta (Ceratitis capitata Wied.) en manzano*. - Phytoma España, 171: 26-31.
- HIGBEE B.S., BURKS C.S., 2008 - *Effects of mating disruption treatments on navel orangeworm (Lepidoptera: Pyralidae) sexual communication and damage in almonds and pistachios*. - J. Econ. Entomol., 101: 1633-1642.
- IORIATTI C., ARN H., 1992 – *Use of pheromones and other semiochemicals in integrated control*. - IOBC/WPRS Bull., 15:145 pp..
- IORIATTI C., FORTI D., RIZZI C., PONTALTI M., DALLAGO G., 1997 – *La confusione sessuale su melo per il controllo di carpocapsa e ricamatori*. - Inf. Agr., 30: 69-74
- IORIATTI C., LUCCHI A., 2016 – *Semiochemical Strategies for Tortricid Moth Control in Apple Orchards and Vineyards in Italy*. - J. Chem. Ecol., 42: 571-583.
- LIQUIDO N.J., CUNNINGHAM R.T., NAKAGAWA S., 1990 – *Host plants of Mediterranean fruit-fly (Diptera, Tephritidae) on the island of Hawaii (1949-1985 Survey)*. - J. Econ. Entomol., 83: 1863-1878.
- KNIGHT A. L. 2002 – *Development of aerosol devices for management of codling moth and leafrollers*. - IOBC-WPRS Bull. 25: 101-110.

- MAISTRELLO L., DIOLI P., BARISELLI M., 2013 – *Trovata una cimice esotica dannosa per i frutteti*. - *Agricoltura*, 6: 67-68.
- MALEK R., TATTONI C., CIOLLI M., CORRADINI S., ANDREIS D., DALLAGO G., MAZZONI V., IORIATTI C., ANFORA G., 2017 – *Bugmap, a citizen science approach to monitor the invasive brown marmorated stink bug Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae)*. First Italian Citizen Science Conference, 23-25 Novembre 2017, Roma, p. 36.
- MATTEDI L., FORNO F., VARNER M., PIVA U., 2008 – *Field observations about the behaviour of codling moth in Trentino (North-Eastern Italy)*. In: Proc. 13th Int. Conf. Organic Fruit-Growing, FOEKO, Weinsberg, pp 238-246.
- MAZZONI V., POLAJNAR J., BALDINI M., ROSSI STACCONI M.V., ANFORA G., GUIDETTI R., MAISTRELLO L., 2017. *Use of substrate-borne vibrational signals to attract the Brown Marmorated Stink Bug, Halyomorpha halys*. - *J. Pest Sci.*, 90: 1219-1229.
- MICHELATTI G., SCHREIBER G., UGOLINI A., BOSSO A., BUSSI C., 1990 – *Two years of control trials against Cydia pomonella and Argyrotaenia punchellana with the mating disruption method in Piedmont orchards*. In: *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1: 171-180.
- OPPEDISANO T., PEDRAZZOLI F., PANASSITI B., MITTELBERGER C., POLAJNAR J., KOSTANJSEK R., P. BIANCHEDI, MAZZONI V., VIRANT-DOBERLET M., ANGELI G., DE CRISTOFARO A., ANFORA G., IORIATTI C., 2017 – *New insights into the biology and ecology of the psyllid vectors of apple proliferation for the development of sustainable control strategies*. - *IOBC-WPRS Bull.*, 123: 101-103.
- PAPADOPOULOS N.T., KATSOYANNOS B.I., CAREY J.R., KOULOSSIS N.A., 2001 – *Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece*. - *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 94: 41-50.
- PERNTER P., 2016 – *Eine Südtiroler Erfolgsgeschichte Verwirrte Fläche steigt auf 14.900 ha*. - *Obstbau Weinbau* 5: 5-8.
- RAMA F., 1997 – *Ecopom dispensers for mating disruption in apple orchards*. - *IOBC-WPRS Bull.*, 20: 65-72.
- RIEDL H., ZELGER R., 1994 – *Erste Ergebnisse der Untersuchungen zur resistenz des Apfelwickler gegenu“ber Diflubenzuron*. - *Obstbau Weinbau*, 4: 107-109
- SCHMIDT S., ANFORA G., DE CRISTOFARO A., MATTEDI L., MOLINARI F., PASQUALINI E., IORIATTI C., 2006 – *Ethyl (2E,4Z)-2,4-decadienoate (pear ester): A new instrument for female codling moth monitoring*. - *Inf. Fitopatol.*, 5: 17-24.
- SHOREY H.H., GERBER R.G., 1996 – *Use of puffers for disruption of sex pheromone communication of codling moths (Lepidoptera: Tortricidae) in walnut orchards*. - *Environ. Entomol.*, 25: 1398-1400.
- STELINSKI L.L., GUT L.J., HAAS M., MCGHEE P., EPSTEIN D., 2007 – *Evaluation of aerosol devices for simultaneous disruption of sex pheromone communication in Cydia pomonella and Grapholita molesta (Lepidoptera: Tortricidae)*. - *J. Pest Sci.*, 80:225–233.
- TREMATERRA P., IORIATTI C., SCHREIBER G., NATALI A., 1993 – *Mating disruption with semi-permeable membrane dispenser for the control of Cydia pomonella L.* - *IOBC-WPRS Bull.*, 16:277–283.
- TRONA F., ANFORA G., BALDESSARI M., CASAGRANDE E., IORIATTI C., ANGELI G., 2009 – *Mechanisms and efficacy of mating disruption of codling moth Cydia pomonella (L.) with EcoTape pheromone dispensers*. - *Bull Insectol.*, 62: 7-13.
- WALDNER W., 1997 – *Three years of large-scale control of codling moth by mating disruption in the South Tyrol, Italy*. - *IOBC-WPRS Bull.*, 20: 35-44
- WELTER S., PICKEL C., MILLAR J., CAVE F., VAN STEENWYK R., DUNLEY J., 2005 – *Pheromone mating disruption offers selective management options for key pests*. - *California Agriculture* 59: 16-22.
- WELTER S., CASADO D., CAVE F., ELKINS R., GRANT J., PICKEL C.I., 2010 – *I. Why Puffers work: determining the effects of residual releases on control of codling moth, II. Optimizing “meso-pheromone emitters for codling moth management in walnuts*. - *California Walnut Board Research Report*: 141-175.

## LA PROTEZIONE INTEGRATA DELLE COLTURE: EVOLUZIONE TECNICA, DEI SISTEMI DI SUPPORTO E DELLA NORMATIVA

CARLO MALAVOLTA (\*)

(\*) Servizio Agricoltura sostenibile - DG Agricoltura - Reg. Emilia-Romagna

Membro Commissione IOBC/WPRS «Integrated production guidelines»

Corrispondenza: carlo.malavolta@regione.emilia-romagna.it

Lettura tenuta durante la Tavola Rotonda "La protezione integrata delle colture: problemi ricorrenti, soluzioni e nuove sfide". Seduta pubblica dell'Accademia - Firenze, 17 febbraio 2017.

### *Integrated Pest Management: evolution of techniques, support systems and of related legislation*

An analysis of IPM and Integrated production concepts and implementation evolution is presented. Technical items, support systems, legislation and market initiatives related with IPM and IP are analysed. Possible improvement steps in implementation are described and proposed, including possible support systems and opportunities for the future in terms of legislation and financial support.

KEY WORDS: Integrated Pest Management, Integrated Production, Sustainable use of pesticides.

### EVOLUZIONE DELLE TECNICHE DI IPM E IP ADOTTATE

L'evoluzione tecnica da protezione integrata (Integrated Pest Management - IPM) a produzione integrata (Integrated Production - IP) è stato un passaggio fondamentale sancito dalla esigenza di trovare tutte le possibili sinergie fra metodi agronomici di prevenzione delle avversità, con particolare riferimento a uso di varietà resistenti, avvicendamento colturale, fertilizzazioni e irrigazioni equilibrate, infrastrutture ecologiche, ecc...

Allo stesso tempo si è cercato di garantire migliori performance agroambientali attraverso la riduzione dell'impiego di fitofarmaci, ma anche di fertilizzanti, acqua e energia. Anche la riduzione dell'impatto sulle acque superficiali e falde e delle emissioni GHG (gas ad effetto serra) sono obiettivi fondamentali nell'ottica della sostenibilità delle produzioni. Il testo "An approach towards Integrated agricultural production through Integrated plant protection" riassume in Figura 1 l'evoluzione dal controllo chimico "cieco" fino alla Produzione integrata riassumendo i principali passaggi di tale evoluzione (BOLLER *et al.*, 1998).

Studi recenti hanno dimostrato che la applicazione delle tecniche di Produzione integrata possono contribuire alla riduzione delle emissioni di GHG attraverso la riduzione del consumo dei principali prodotti agrochimici, con particolare riferimento ai fertilizzanti ed all'impiego di energia, ad esempio attraverso la adozione di tecniche di lavorazione minima o di appropriate rotazioni.

Per quanto riguarda l'applicazione della protezione integrata, l'evoluzione delle tecniche adottate ha

seguito i principi fondamentali di sviluppo di tutti gli strumenti di supporto disponibili, a partire dalla giustificazione degli interventi basati su monitoraggio, applicazione delle soglie di intervento ed in alcuni casi anche su interventi preventivi.

La scelta dei principi attivi è stata basata sulla efficacia, la selettività verso gli organismi utili, l'impatto sull'uomo e sull'ambiente.

Un'ulteriore evoluzione è stato l'impiego di sistemi di supporto alle decisioni (Decision Support Systems - DSS) a livello aziendale/territoriale che integrano fra loro l'impiego di modelli previsionali, piani di fertilizzazione, bilancio idrico.

Un ulteriore contributo alla razionalizzazione dell'impiego dei fitofarmaci è venuto dal controllo e dalla regolazione (taratura) delle macchine irroratrici nonché dalla loro evoluzione tecnologica (recupero, ecc.). In prospettiva assumeranno un ruolo fondamentale anche le tecnologie informatiche applicate alla agricoltura (inclusa la precision farming).

### EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI SUPPORTO ALLA PROTEZIONE/PRODUZIONE INTEGRATA

Accanto alla evoluzione delle tecniche impiegate sono diventati fondamentali i sistemi di supporto alla applicazione delle tecniche di difesa e produzione integrata. Fra questi sistemi di supporto ricordiamo la ricerca/sperimentazione, le attività di formazione e informazione, l'assistenza tecnica diretta (consulenza/visite aziendali) ed indiretta (bollettini, sistemi web, ecc.).

Molta importanza hanno avuto nel corso degli ultimi

<b>1. Blind chemical control</b> (Lutte chimique aveugle)	General, schematic and routine applications of the most potent pesticides; advice from industry
<b>2. Chemical control based on advice</b> (Lutte chimique conseillée)	Application of usually broad spectrum pesticides after consultation with an official advisory service
<b>3. Specific control</b> (Lutte dirigée)  <i>Transitory phase</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction of the concept of “economic threshold levels”;</li> <li>• application of pesticides with no negative side-effects;</li> <li>• protection of beneficial organisms</li> </ul>
<b>4. Integrated plant protection*)</b> (Protection intégrée)  <i>Dinamic phase</i>	Similar to specific control, but in addition <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration of biological and biotechnical methods and methods of good agricultural practice;</li> <li>• chemical control strongly regulated</li> </ul>
<b>5. Integrated agricultural production*)</b> (Production agricole intégrée)  <i>Open dinamic phase, further development possible in the whole world</i>	Similar to integrated plant protection, but in addition  observance, integration and exploitation of all positive factors in the agro-ecosystem according to ecological principles

\*) In the original figure, step 4 was clearly separated from step 5 by a solid line. We have replaced it by a broken line to indicate that in the modern concept integrated plant protection is removed from its isolation and put into the context of all farm operations.

Fig. 1 – The Evolution of Plant Protection Methods (modified from IOBC 1977).

decenni anche gli aiuti diretti alle aziende che includono anche misure specifiche di aiuto per impiego di mezzi biotecnologici/organismi utili. Fra questi sicuramente la maggiore importanza può essere riconosciuta alle misure agroambientali e ai programmi ambientali finanziati dalle Organizzazioni Comuni di Mercato (OCM) del settore ortofrutticolo.

Altri aiuti di grande rilevanza che vengono forniti dai Programmi di Sviluppo Rurale riguardano gli investimenti aziendali, interaziendali e di filiera che consentono la realizzazione di nuovi impianti, più adatti all'applicazione delle tecniche di produzione integrata, l'acquisto di nuove attrezzature per lavorazioni/irroratrici, l'acquisto di reti antinsetto, la copertura delle spese di certificazione.

Infine la promozione commerciale di produzioni a marchio riconoscibili dal consumatore moderno è uno degli strumenti di ulteriore supporto e stimolo all'applicazione delle tecniche di protezione/produzione integrata.

EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA  
 E DELLE INIZIATIVE COMMERCIALI COLLEGATE  
 A PROTEZIONE/PRODUZIONE INTEGRATA

Fra queste iniziative ne ricordiamo diverse sia private sia ispirate da principi tecnico-scientifici quali ad

esempio le Linee guida IOBC (BOLLER *et al.*, 2004; IOBC guidelines), le norme GLOBALGAP e le norme UNI. Anche molte “private label” della GDO hanno avuto un ruolo determinante grazie alla sinergia con tracciabilità e garanzia igienico sanitaria che le produzioni integrate possono offrire.

Sono da ricordare anche diverse iniziative istituzionali di livello regionale (marchio QC Regione Emilia-Romagna, Toscana, Veneto qualità, Marche, ecc.), nazionale (Sistema Qualità Nazionale Produzione integrata SQNPI) e comunitario (Direttiva uso sostenibile fitofarmaci, Direttiva Nitrati, Direttiva sostanze pericolose, ecc.) (SUD, 2009). Purtroppo non è mai stato attribuito alla produzione integrata un riconoscimento comunitario da Regolamento come avvenuto invece per la Produzione biologica. In ogni caso è importante ricordare che l'allegato III della Direttiva 128 sull'uso sostenibile dei fitofarmaci è fortemente ispirato alle citate norme IOBC.

CONCLUSIONI

Per garantire uno sviluppo adeguato della protezione/produzione integrata dal punto di vista tecnico è necessario continuare ad investire su ricerca e sperimentazione, anche di sistemi multidisciplinari e non solo con i confronti di tesi/ripetizioni di fattori

singoli. Per mantenere aggiornato e alto il livello di sostenibilità occorrerà operare non solo sulla scelta dei principi attivi ma anche su criteri di giustificazione, valutazione dei rischi (modelli previsionali) e monitoraggio, anche con tecniche innovative (remote sensing). Gli studi dovranno continuare a indagare non solo sulla difesa in senso stretto ma anche sulla prevenzione (cultivar resistenti, rotazione, sistemi di impianto, ecc.). Sarà importante anche l'innovazione sulle macchine irroratrici e altre macchine utili a ridurre gli impatti e l'uso dei prodotti agrochimici (inclusa la precision farming). Infine sarà importante indagare su ruolo e sinergia delle infrastrutture ecologiche e sugli elementi di biodiversità anche extra-aziendali.

Per supportare la protezione/produzione integrata occorrerà continuare ad investire su formazione e informazione, sulla assistenza tecnica indiretta (bollettini, sistemi web, ecc.) e anche diretta, ma probabilmente solo per la fase di conversione, alla quale dovrà seguire l'assistenza tecnica indiretta.

Anche gli aiuti diretti alle aziende dovrebbero essere destinati alla sola conversione e concentrati nelle aree di maggiore interesse/rischio ambientale; altri aiuti diretti potrebbero essere concessi per promuovere l'impiego di mezzi biotecnologici (ad es. confusione sessuale ed organismi utili) o per investimenti destinati a impianti/macchine innovativi.

Ulteriori evoluzioni dovranno essere considerate sul piano normativo e a livello di mercato. Un primo aspetto da verificare è quanto l'applicazione della produzione integrata potrebbe diventare cogente anziché volontaria. In questo senso occorrerà verificare quanto veloce sarà l'adozione dei requisiti contenuti

nei Piani di Azione Nazionale (PAN) prodotti in applicazione della Direttiva sull'uso sostenibile dei fitofarmaci e in particolare dell'allegato III. Si dovrà anche capire se e quanto la produzione integrata potrà diventare un vincolo per l'accesso agli aiuti della PAC. Importante sarà anche l'evoluzione dei diversi livelli dei requisiti richiesti e quindi capire che spazi esistono per un livello avanzato da promuovere anche commercialmente con marchi pubblici o privati. Molto importante potrebbe essere un eventuale riconoscimento normativo della produzione integrata come livello avanzato da parte della UE. Infine dovrà essere tenuto conto del rapporto con la agricoltura biologica evitando che si sviluppi una relazione di tipo competitivo e cercando invece di promuovere per quanto possibile le sinergie fra i due sistemi, ad esempio nella realizzazione di attività di ricerca e sperimentazione o dei supporti.

#### BIBLIOGRAFIA CITATA

- BOLLER E.F., AVILLA J., GENDRIER J.P., JÖRG E., MALAVOLTA C., 1998 – *Integrated Production in Europe: 20 years after the declaration of Ovrannaz.* - IOBC-WPRS Bulletin, 21(1).
- BOLLER E.F., AVILLA J., JÖRG E., MALAVOLTA C., WIJNANDS F., ESBJERG P., 2004 – *Integrated Production: Principles and technical Guidelines.* 3<sup>rd</sup> edition. - IOBC-WPRS Bulletin, 27(2).
- SUD 2009 - *Directive 2009/128/EC of the European Parliament and the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides.* Official Journal of the European Union L 309/71 – 24/11/2009.
- IOBC guidelines: [http://www.iobc-wprs.org/ip\\_ipm/download\\_documents.html](http://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/download_documents.html)



