

APODEI

# Indicatori della qualità ambientale

PIETRO BIANCO, VALTER BELLUCCI

*Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità, Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca ambientale*

L'impiego degli apoidei quale sistema di controllo ambientale è ormai una pratica consolidata. Le api, attraverso fenomeni di bio-accumulo, scomparsa e mortalità, consentono di effettuare valutazioni sulla qualità dell'ambiente in cui vivono. I superorganismi rappresentati dalle colonie, attraverso il contatto con l'areale circostante, consentono un'efficace rappresentazione della salubrità ambientale grazie alle caratteristiche etologiche e comportamentali.

I prodotti delle colonie e gli individui sono prelevati e analizzati per comprendere l'eventuale presenza in esso di sostanze pericolose per l'ambiente, l'uomo e le api e, con la loro identificazione, anche l'identità delle specie vegetali che sono state sottoposte a trattamento o a contatto accidentale con sostanze quali pesticidi, radionuclidi e metalli pesanti.

Attraverso accurate analisi di laboratorio è possibile rinvenire sulle api e sul polline i principi attivi presenti nei prodotti fitosanitari utilizzati o gli inquinanti presenti nei territori su cui effettuano i voli e bottinano (tabella 1). Tali dati oltre a fornire informazioni sullo stato dell'ambiente, permettono anche di correlare la mortalità alle diverse pratiche colturali [9, 10].

## Un po' di storia

Le prime esperienze di monitoraggio con le api risalgono al 1935 quando Jaroslav Svoboda, dell'Istituto per le ricerche in apicoltura di Libčice, vicino a Praga, indicò le ripercussioni negative degli inquinanti industriali sulle api che bottinavano nei territori densamente popolati e industrializzati di Trinec in Cecoslovacchia.

Le prime ricerche sull'uso delle api come bioindicatori risalgono all'inizio degli anni '60 quando Svoboda e colleghi osservarono un aumento dello stronzio-90 ( $^{90}\text{SR}$ ) nelle api e nei loro prodotti probabilmente dovuto agli esperimenti nucleari nell'atmosfera in corso in quel periodo [11].

Negli anni '70 Jerry Bromenschenk (Università del Montana) notò alti livelli di fluoro (residuo di combustione del carbone) nelle api dopo l'attivazione di una centrale a carbone.

Nel 1980 anche in Italia, grazie ai finanziamenti dell'Assessorato all'Ambiente di Forlì, iniziarono gli studi per l'impiego dell'ape come rilevatore per l'inquinamento da pesticidi. Nel 1983 Stefano Fornaciari e Bruno Cavalchi [2], della USL n. 9 di Reggio Emilia, tramite l'analisi di api vive e morte, propoli, miele e polline, riuscirono a valutare inquinamenti da piombo e fluoro. Tra il 1983 e il 1986 il gruppo di ricerca del prof. Celli dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna eseguì numerosi rilevamenti, evidenziando 581 casi di elevata mortalità negli alveari.

Le analisi svolte in seguito presso l'USL di Rimini permisero di rintracciare le molecole responsabili [3].

## Gli inquinanti

Con lo studio di diversi casi si è potuto intuire che la maggior contaminazione delle aree urbane e industriali favorisce l'assorbimento degli inquinanti (almeno per il piombo) nel corpo delle api rispetto all'area naturale. Si è potuto anche verificare, dopo molti studi, che la matrice apistica miele è più affidabile delle api in quanto i dati risultano più ripetibili [8]. Le variabili da considerare nell'utilizzare le api, o i prodotti dell'alveare, sono

- gli eventi meteorologici (la pioggia e il vento sono in grado di ripulire l'atmosfera o di trasferire i metalli pesanti in altri comparti ambientali);
- la stagionalità (il flusso nettario, di solito maggiore in primavera che in estate e autunno, potrebbe, a parità di emissione, diluire o meno il contaminante);
- l'origine botanica del miele (la melata degli afidi, come il nettare dei fiori a morfologia aperta, è molto più esposta ai contaminanti rispetto al nettare dei fiori a morfologia chiusa).

**Tabella 1. Prodotti apistici e inquinanti di riferimento.**

Inquinante	Prodotto apistico
Metalli pesanti: Piombo, Cadmio, Cromo, Mercurio, Nichel, Rame, Zinco etc.	Miele, api
Radionuclidi gamma emittenti: I131, Cs 134, Cs 137, K 30	Miele, cera, polline, api
Microinquinanti organici (diossine [PCDD], furani [PCDF]).	Polline, api
Inquinanti organici: Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), diossine (PCDD), Furani (PCDF), Policlorobifenili (PCB)	Cera
Pesticidi: fungicidi, erbicidi, battericidi, insetticidi e acaracidi*	Cera, polline, api, propoli
Farmaci per la lotta alla Varroa (coumaphos, chlorfernphos, fluvalinate)	Cera, polline, api
Antibiotici (es. streptomicina su fiore di melo/pero per il "Colpo di fuoco")	Miele, pappa reale, cera, propoli

\*tra cui i farmaci utilizzati dall'apicoltore per la lotta alla Varroa.

## Metalli pesanti

La presenza di metalli nel miele può diventare, conoscendo i valori di fondo ambientali della località di monitoraggio, un indice dello stato complessivo dell'ambiente.

Un'indagine ISPRA/IZSLT [7] su apiari situati in zone esposte a inquinanti e in aree naturali protette limitrofe ha analizzato la presenza di metalli pesanti nel miele. Come riferimento per la lettura delle concentrazioni di metalli sulla base dei dati di lungo periodo, sono state stabilite soglie indicative sulla presenza di metalli nel miele in Italia (tabella 2).

Mentre la quantità di cadmio è sempre risultata inferiore al limite di rilevabilità (quindi non riportata) e il rame rientra quasi sempre nei range (tabella 3), il cromo presente in tutti i campioni, escluso novembre, raggiunge punte massime a giugno e luglio, superando spesso i valori di riferimento (tabella 4).

**Tabella 2. Valori di riferimento minimo e massimo dei metalli pesanti nel miele espressi in mg/kg (da Porrini et al., 2002, modificata).**

Contaminante	Minimo	Massimo
cadmio (Cd)	0,004	0,014
cromo (Cr)	0,005	0,015
rame (Cu)	0,25	0,85
mercurio (Hg)	0,000525	0,00275
piombo (Pb)	0,01	0,05

Anche il mercurio (tabella 5) e il piombo (tabella 6) sono risultati spesso avere valori superiori al range indicato. Poiché alcuni apiari erano in zone naturali all'interno di aree protette questi dati dimostrano la diffusione nell'ambiente di sostanze tossiche anche a distanza dai luoghi di produzione delle stesse.

**Tabella 3. Quantità di rame in mg/kg nei campioni di miele. (A) apiari non esposti, (B) apiari esposti; in grassetto i valori al di sopra del range indicato da Porrini et al., 2002.**

Rame (mg/kg)	Rame (mg/kg)											Media Devst
	Set 2009	Ott 2009	Nov 2009	Mar 2010	Apr 2010	Mag 2010	Giu 2010	Lug 2010	Ago 2010	Set 2010	Ott 2010	
Dolomiti A	0,240				0,14	0,016	0,19	0,19	0,18	0,13	0,19	0,10±0,08
Dolomiti B	0,240				0,26	0,13	-	0,20	0,17	0,13	0,15	0,16±0,07
San Rossore A		0,57	0,31	0,48	0,48	0,23	<b>1,10</b>	0,23	<b>1,54</b>	0,162		0,57±0,05
San Rossore B		0,24	0,14	0,15	0,10	0,18	0,6	0,2	0,2	<b>1,0</b>		0,30±0,03
Litorale A		0,39	0,12	0,18		0,22	0,23	0,17	0,17	0,16		0,2±0,08
Litorale B		0,09	0,09			0,18	0,22	0,16	0,22	0,09		0,15±0,06
Simbruini A		0,19	0,16		0,3	0,27	0,10	0,12	0,19	0,11		0,18±0,07
Simbruini B		0,16	0,15	0,22	0,39	0,14	0,16	0,18	0,57	0,73		0,30±0,22

**Tabella 4. Quantità di cromo in mg/kg nei campioni di miele. (A) apiari non esposti, (B) apiari esposti; in grassetto i valori al di sopra del range indicato da Porrini et al. 2002.**

Rame (mg/kg)												
	Set 2009	Ott 2009	Nov 2009	Mar 2010	Apr 2010	Mag 2010	Giu 2010	Lug 2010	Ago 2010	Set 2010	Ott 2010	Media Devst
Dolomiti A	<b>0,02</b>				<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	0,10 ±0,08
Dolomiti B	<b>0,02</b>				<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>	<b>0,04</b>	0,06	0,10 ±0,09
San Rossore A		<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	<b>0,26</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>		0,091 ±0,8
San Rossore B		<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>	0,01		0,05 ±0,03
Litorale A		<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<0,01		<b>0,2</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,03</b>	0,1		0,07 ±0,05
Litorale B		<b>0,02</b>	0,01			<b>0,15</b>	<b>0,25</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	< 0,01		0,08 ±0,1
Simbruini A		<b>0,05</b>	<0,01		<b>0,11</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>		0,06 ±0,03
Simbruini B		<b>0,03</b>	<0,010	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	0,14	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>		0,084 ±0,055

**Tabella 5. Quantità di mercurio in mg/kg nei campioni di miele. (A) apiari non esposti, (B) apiari esposti; in grassetto i valori al di sopra del range indicato da Porrini et al. 2002.**

Rame (mg/kg)												
	Set 2009	Ott 2009	Nov 2009	Mar 2010	Apr 2010	Mag 2010	Giu 2010	Lug 2010	Ago 2010	Set 2010	Ott 2010	Media Devst
Dolomiti A	-	-	-	-				0,02	0,04	<b>0,03</b>	-	0,015 ±0,015
Dolomiti B	0,04				0,02	0,02	0,03	<b>0,04</b>	0,03	0,02	0,01	0,03 ±0,01
San Rossore A	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,03	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>		0,02 ±0,02
San Rossore B		<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	0,02		0,01 ±0,01
Litorale A		0,02	<b>0,06</b>	0,01		0,02	0,04	0,02	<b>0,04</b>	0,02		0,02 ±0,02
Litorale B		0,03	<0,01			<0,01	<0,01	0,02	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>		0,02 ±0,02
Simbruini A		<0,01	<0,01		<0,01	0,02	0,03	0,04	<0,01	<0,01		0,02 ±0,02
Simbruini B		<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,03		0,01 ± 0,01

**Tabella 6. Quantità di mercurio in mg/kg nei campioni di miele. (A) apiari non esposti, (B) apiari esposti; in grassetto i valori al di sopra del range indicato da Porrini et al. 2002.**

Rame (mg/kg)												
	Set 2009	Ott 2009	Nov 2009	Mar 2010	Apr 2010	Mag 2010	Giu 2010	Lug 2010	Ago 2010	Set 2010	Ott 2010	Media Devst
Dolomiti A	<b>0,09</b>		-	-	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	-	-	0,05	-	-	0,042 ±0,027
Dolomiti B	<b>0,09</b>				-	-	-	-	-	<b>0,12</b>	-	0,045 ±0,04
San Rossore A	<0,04		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,05	0,05	0,05	0,05		0,03 ±0,02
San Rossore B	<0,04		0,08	<0,04	0,06	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,01		0,04 ±0,02
Litorale A		<0,04	<0,04	0,09		<0,04	<0,04	0,06	<0,04	0,05		0,04 ±0,03
Litorale B		0,08	0,06			<0,04	0,08	<0,04	<0,04	<0,04		0,05 ±0,02
Simbruini A		<0,04	<0,04		<0,04	0,12	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04		0,03 ±0,04
Simbruini B		<0,04	<b>0,09</b>	<0,04	<b>0,13</b>	<0,04	0,1	<b>0,07</b>	<0,04	<0,04		0,053 ±0,042

## Radionuclidi

L'impiego delle api per il controllo della radioattività risale alla fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60, per misurare l'innalzamento del livello di  $^{90}\text{Sr}$  nell'ambiente a causa delle sperimentazioni nucleari in atmosfera.

L'utilizzo delle api per il monitoraggio dei radionuclidi, emessi anche in basse quantità, è stata applicata per controllare le emissioni radioattive di impianti di riprocessamento o nei pressi di laboratori in cui si conducevano sperimentazioni nucleari. L'emergenza di Chernobyl (aprile-maggio 1986) a fornire la prova inequivocabile di come l'ape possa funzionare egregiamente anche per il rilevamento dei radioisotopi. L'Università di Bologna ha condotto per diversi anni il monitoraggio di residui radioattivi nelle aree circostanti le centrali nucleari di Trino Vercellese e di Caorso.

In una ricerca svolta, sempre nell'ambito di Chernobyl, si è potuto mettere in evidenza, analizzando numerosi campioni di miele, api, cera e polline, come quest'ultima matrice risulti la migliore per indicare la contaminazione atmosferica da radionuclidi in quanto riflette fedelmente quella dell'aria [12]. Usando le api come biosensore mobile si possono ottenere dati sistematici su aree ampie e con continuità per tutto il periodo di attività. Con questo metodo si riescono a rivelare livelli di radionuclidi estremamente contenuti, come è accaduto con il Cesio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), diffuso nell'atmosfera, in seguito a un incidente, da un altoforno ad Algeciras (Spagna) nel marzo 1998, che è stato rilevato dalle api nei dintorni di Bologna a 1.700 km di distanza.

In esperienze condotte a Rotondella presso il Centro ENEA [5, 6] utilizzando le api morte raccolte mediante gabbie *underbasket* non è stato riscontrato alcun radionuclide artificiale, né alcun radionuclide naturale in quantità anomala rispetto al fondo naturale. Ma si è riuscito a misurare il  $^{40}\text{K}$ , presente nel corpo delle api e il  $^7\text{Be}$ , radionuclide generato dai raggi cosmici che si trova in quantità variabile nell'atmosfera a seconda delle condizioni meteorologiche, mostrando così la precisione della metodologia.

## Inquinanti organici

Inquinanti organici come diossine (PCDD), simili alle diossine (PCDL), furani (PCDF), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenilini (PCB) causano un tipo di inquinamento prodotto prevalentemente da processi industriali e da combustioni. Solo per gli idrocarburi vi può essere un'origine naturale legata a processi di trasformazione di sostanza organica in condizioni anaerobiche. La maggior parte di queste sostanze tende ad accumularsi negli organismi viventi.

Grazie a diverse misure di contenimento, le immissioni di diossine e PCB in Europa sono considerevolmente diminuite (calo dell'85% negli ultimi 20-25 anni) parallelamente ai



Figura 1. Mappa dei valori di tossicità equivalente (TEQ) per PCDD + PCDF + PCBdl in Provincia di Latina (IZPSLT).

quantitativi medi riscontrabili negli esseri umani e in diverse derrate alimentari. Tuttavia, essendo molto persistenti e facilmente trasportabili a seguito di fenomeni meteorologici, dei residui di diossine e PCB si possono ritrovare oggi in moltissimi ambienti naturali e negli "anelli" della catena alimentare. L'assunzione di questi inquinanti nell'uomo avviene per l'80% circa da derrate alimentari di origine animale. La presenza localizzata di queste sostanze può essere inoltre dovuta a discariche abusive e attività industriali illegali. L'esposizione ambientale può interessare ampie fasce della popolazione e può avvenire attraverso l'assunzione di cibo contaminato, l'inalazione di polvere o il contatto. Recenti studi hanno stimato che circa il 95% dell'esposizione alle diossine avviene attraverso cibi contaminati e, in particolare, grassi animali.

In alcune province sono condotti regolarmente, da parte degli Istituti zooprofilattici, monitoraggi che possono indicare stazioni anomale nelle quali effettuare ulteriori controlli per individuare la fonte della contaminazione (figura 1).

## Caso studio in Val d'Agri

Nel 2004 in Basilicata, nell'ambito di una ricerca specifica finalizzata a utilizzare il miele come matrice alimentare "sentinella" per monitorare eventuali fenomeni di degrado ambientale e contaminazione della Valle del Sauro e dalla Val d'Agri in campioni provenienti da Corleto Perticara (PZ) sono stati riscontrati idrocarburi aromatici: 1-butylheptylbenzene, 1-pentylheptylbenzene, 1-butylloctylbenzene, 1-propylnonylbenzene, 1-pentylloctylbenzene.

I campioni permettevano anche, sulla base del raggio d'azione delle api, di identificare le possibili fonti dato che la presenza di questi idrocarburi aromatici nel miele è indicativa di un possibile problema ambientale.

**Tabella 7. I principi attivi rinvenuti più frequentemente in occasione di fenomeni di spopolamento degli alveari.**

<b>Principio attivo</b>	<b>N. campioni positivi (2012-2015)</b>	<b>Caratteristiche</b>
Imidacloprid	24	Insetticida neonicotinoide altamente tossico per le api. Autorizzato
Fluvalinate	21	Insetticida piretroide con azione insetticida e acaricida. Autorizzato
Chlorpyrifos/Chlorpyrifos-methyl	18	Insetticida organofosforico, altamente tossico per le api. Autorizzato. Interferente endocrino per i mammiferi
Cyprodinil	14	Fungicida pirimidinico, poco tossico per le api. Autorizzato. Interferente endocrino per i mammiferi (antiandrogenico)
Cypermethrin	12	Insetticida piretroide, attivo a basse concentrazioni. Autorizzato. Possibile cancerogeno per gli umani. Effetto estrogenico sui mammiferi
Piperonyl Butoxide	12	Sinergizzante per insetticidi, altamente tossico per le api. Autorizzato. Possibile cancerogeno per gli umani
Thiacloprid	11	Insetticida neonicotinoide con azione precoce e tardiva. Altamente tossico per le api. Autorizzato. Potenziale interferente endocrino. Probabile cancerogeno per gli umani
Chlorpyrifos-ethyl	9	Insetticida organofosforici, altamente tossico per le api. Autorizzato. Interferente endocrino per i mammiferi
Pyrimethanil	8	Fungicida Anilino-Pirimidinico, poco tossico per le api. Autorizzato. Antiandrogenico per i mammiferi. Inibisce la produzione di ormoni tiroidei Possibile cancerogeno per l'uomo
Clothianidin	6	Insetticida neonicotinoide, altamente tossico per le api. Autorizzazione limitata
Dodine	6	Fungicida fogliare azotorganico alifatico (guanidine), moderatamente tossico per le api. Autorizzato. Nei mammiferi fatale per inalazione, danneggia gli organi interna in caso di esposizione prolungata o ripetuta; interferente endocrino (tiroide)
Thiamethoxam	6	Insetticida neonicotinoide, altamente tossico per le api. Autorizzato. Probabile cancerogeno

Nel miele proveniente da una fattoria vicina all'impianto di "primo - trattamento" del petrolio vennero rinvenute quantità significative di COV (composti organici volatili) e di idrocarburi: etanolo, benzeneacetaldehyde, heptadecane, pentacosane e heneicosane, tricosane.

La potenziale contaminazione del miele è stata probabilmente provocata da un azienda petrolifera. Lo studio è stato pubblicato all'estero [1], mentre non vi è stata mai discussione in sede Regionale.

### Pesticidi

La maggior parte delle piante di interesse agricolo necessita degli insetti pronubi per l'impollinazione. A causa di alcune scelte della moderna agricoltura come la monocoltura, il massiccio utilizzo di diserbanti, l'eliminazione delle siepi e soprattutto l'impiego degli fitofarmaci in fioritura, i campi coltivati stanno diventando un ambiente inospitale per la maggior parte degli insetti pronubi. L'intensa attività di bottinamento porta le api a stretto contatto con le sostanze chimiche utilizzate nel campo coltivato e negli ultimi decenni si registra una drammatica diminuzione delle popolazioni di api dome-

stiche e apoidei selvatici. Il declino dei pronubi selvatici ha fatto sì che l'importanza delle *Apis mellifera* sia diventata fondamentale per alcune colture.

In Francia nel 2002 è stato fatto un primo studio approfondito sulla contaminazione da pesticidi del polline raccolto dalle api. Sono stati trovati residui di pesticidi da minime tracce a centinaia di microgrammi per chilogrammo. Le api sono esposte a queste molecole per contatto nella colonia e potenzialmente attraverso l'ingestione di pane d'ape. I residui più frequenti sono stati l'imidacloprid, l'acido 6-cloronicotinico (metabolita) e il fipronil (in deroga), tra le sostanze più tossiche per le api sia a livello cronico sia acuto.

I pesticidi, attraverso la nube con la quale vengono distribuiti, si depositano sulla vegetazione limitrofa (flora spontanea, coltivi, frutteti etc.) contaminandone il polline e avvelenando le api con esposizione a dosi sub-letali successive dovute o al passaggio diretto attraverso la nube di insetticida sprigionata o al prelievo di nettare o polline altamente contaminati.

L'esposizione continua a sostanze tossiche e nocive innesca effetti sub-letali quali il cambiamento neuro-comportamentale, l'inibizione di meccanismi difensivi. L'esposizione a complesse



miscela può porre numerose incognite connesse agli effetti additivi (cumulativo) e sinergici da esposizione multipla. La maggior parte dei fitofarmaci vengono introdotti continuamente all'ambiente e questa esposizione ripetuta degli ecosistemi terrestri causa fenomeni di bioaccumulo con danni cronici che si manifestano anche dopo lunghi periodi di tempo.

Vi è inoltre da considerare il grave stato d'inquinamento da fitofarmaci delle acque superficiali, ovviamente utilizzate dagli apoidei per bere e raffreddare la colonia. Nel 2014 (ISPRA, 2016) nel 64% dei punti di monitoraggio e nel 34% del totale dei campioni erano presenti tracce di pesticidi.

Il progetto Beenet, promosso e finanziato dal MiPAAF e realizzato da CREA-API, IZS delle Venezie, Università di Bologna e SIN (sistema informatico nazionale), è la rete di monitoraggio nazionale per valutare lo stato di salute, moria delle api e spopolamento degli alveari sul territorio nazionale. Esso ha rappresentato, a partire dal 2012, la più importante rete di monitoraggio sul fenomeno.

Nel corso del periodo 2012-2015, nell'ambito del progetto BeeNet e, per il solo 2015, dai dati pervenuti all'IZS delle Venezie e a quello di Lazio e Toscana, sono state registrate 386 segnalazioni di mortalità o spopolamenti di alveari. Il dato più significativo si riscontra nella provincia autonoma di Bolzano con 47 segnalazioni di morie registrate, presumibilmente legate a trattamenti insetticidi effettuati nei frutteti e nel Piemonte, probabilmente in relazione a irrazioni su vigneti e nocciolati.

Tra gli insetticidi ad alta tossicità sono particolarmente frequenti (tabella 7) neonicotinoidi (19 % dei campioni), piretroidi (18 %) e organofosforici (16 %).

In generale nei vari casi di spopolamento degli alveari analizzati è quasi sempre presente almeno una sostanza attiva altamente tossica per le api.

## Conclusioni

Le api e i loro prodotti sono ottimi bioindicatori di un gran numero di sostanze tossiche. La disponibilità sul territorio nazionale di un gran numero di produttori permette teoricamente di avere una fitta rete di monitoraggio che riguarderebbe non solo le api, ma anche la salute umana e del mezzo ambiente. Inoltre la conoscenza dello stato di contaminazione delle api e dei loro prodotti in concomitanza con fenomeni di moria o spopolamento degli alveari rappresenta il metodo migliore per porvi rimedio.

## Bibliografia

1. Bentivenga G., D'Auria M., Fedeli P., Mauriello G., Racioppi R. (2004). SPME-GC-MS analysis of volatile orga-

- nic compounds in honey from Basilicata. Evidence for the presence of pollutants from anthropogenic activities. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 39, 1079.
2. Cavalchi B., Fornaciari S. (1983). Api, miele, polline e propoli come possibili indicatori di un inquinamento da piombo e fluoro - Una esperienza di monitoraggio biologico nel comprensorio ceramico di Sassuolo-Scandiano.- In Manzini, P., Spaggiari, R., Eds: Atti del seminario di studi "i biologi e l'ambiente" Nuove esperienze per la sorveglianza ecologica. Reggio Emilia, Italy, 17-18 febbraio 1983.
3. Celli G., Porrini C. (1987). Apicidi e residui di pesticidi nelle api e nell'alveare in Italia (1983-1986).- *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università degli Studi di Bologna*, 42: 75-86.
4. Celli G., Porrini C., Baldi M., Ghigli E. (1991). Pesticides in Ferrara Province: two years' monitoring with honey bees (1987-1988). *Ethology, Ecology and Evolution, Special Issue*, 1: 111-115.
5. Ferri E.N., Porrini C., Ghini S. (2014). Biomonitoraggio dei radionuclidi tramite api nel territorio comunale di Rotondella - MT (2013).
6. Ghini S., Porrini C. (2012). Biomonitoraggio dei radionuclidi tramite api nel territorio comunale di Rotondella - MT (2012).
7. ISPRA (2011). Indagine tecnico-conoscitiva sul fenomeno della moria delle api all'interno delle aree naturali protette. [http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/vari/indagine\\_tecnico\\_conoscitiva\\_moria\\_api\\_rapporto\\_finale.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/vari/indagine_tecnico_conoscitiva_moria_api_rapporto_finale.pdf)
8. Porrini C., Celli G., Radeghieri P., Marini S., Maccagni B. (2000). Studies on the use of honey bees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators of metals in the environment. *Insect Social Life*, 3: 153-159.
9. Porrini C., Ghini S., Girotti S., Sabatini A.G., Gattavecchia E., Celli G. (2002) - Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy. In: Honey bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals (Devillers J. and Pham - Delègue M.H. Eds). Taylor & Francis, London, p. 186-247.
10. Rîşcu (Jivan) A., Bura M. (2013). The Impact of Pesticides on Honey Bees and Hence on Humans. *Animal Science and Biotechnologies*, 46 (2): 272.
11. Svoboda J. (1962). Teneur en strontium 90 dans les abeilles et dans leurs produits.- *Bulletin Apicole*, 5: 101-103.
12. Tonelli D., Gattavecchia E., Ghini S., Porrini C., Celli G., Mercuri A. M. (1990), Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles* 141(2), 427-436.