

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	25 (2003)	233-244	Udine, 30.VI.2004	ISSN: 0391-5859
---	-----------	---------	-------------------	-----------------

C. GIOVANI, P. BORDON, P. DI MARCO, E. SCRUIZZI

IL MIELE COME INDICATORE DI RADIOATTIVITÀ NEI VEGETALI: DISTRIBUZIONE DI CS-137 NELLA PROVINCIA DI TRIESTE

HONEY AS INDICATOR OF RADIOACTIVE CONTAMINATION IN PLANTS: CAESIUM DISTRIBUTION IN PROVINCE OF TRIESTE

Riassunto breve - In questo lavoro vengono riportati i risultati di uno studio della distribuzione del Cs-137 nella provincia di Trieste basato su misure effettuate in campioni di suolo, piante di interesse apistico e miele. In 24 località sono stati raccolti 183 campioni di suolo, 63 campioni di foglie (*Robinia pseudacacia* L., *Tilia* sp., *Castanea sativa* Mill., *Cotinus coggygria* Mill., *Crataegus monogina* Jacq., *Prunus avium* L., *Prunus mahaleb* L.) e 38 campioni di miele di diverso tipo (eteroflora, melata di metcalfa, taglio e acacia). Sono state effettuate analisi di spettrometria gamma su tutti i campioni ed analisi melissopalinoologiche per determinare l'origine botanica dei mieli. Utilizzando la matrice miele è possibile tracciare una mappa della distribuzione di cesio in un territorio: essa potrebbe essere utilizzata per conoscere la radiocontaminazione nei vegetali, componenti primari della catena alimentare.

Parole chiave: Cesio, Radiocontaminazione, Miele, Suolo, Trieste.

Abstract - *This paper presents the results of a study of Cs-137 distribution in the Province of Trieste based on soils, bee plants and honey measurements. 183 soil samples, 63 leaves samples of different species (Robinia pseudacacia L., Tilia sp., Castanea sativa Mill., Cotinus coggygria Mill., Crataegus monogina Jacq., Prunus avium L., Prunus mahaleb L.) and 38 honey samples of different type (multiflora, honeydew, lime and acacia) were collected in 24 stations during 2000. All the samples were analysed by gamma spectrometry and the honey ones also by melissopalynology analysis in order to determinate the botanic origin. Using the honey matrix it is possible to draw a detailed map of caesium distribution in a territory: it could be used to know the radiocontamination in plants, primary components of food chain.*

Key words: Caesium, Radiocontamination, Honey, Soil, Trieste.

Introduzione

Le api ed il miele sono largamente utilizzati nel monitoraggio di inquinanti convenzionali quali ad esempio i metalli pesanti (WALLWORK-BARBER et al., 1982; CRANE, 1984; JONES, 1987; LEITA et al., 1996). All'indomani dell'incidente di Chernobyl sia le api che il miele sono stati utilizzati anche come indicatori di radionuclidi (KOHLEICH, 1986;

BORNECK, 1986; KLEPSCH & MOLZAHN, 1987; SCHAPER, 1987; BARIŠIĆ et al., 1992; BARIŠIĆ et al., 1994). Poiché la radiocontaminazione del miele dipende sia dalla contaminazione del suolo che dall'entità del trasferimento dei radionuclidi dal suolo alle specie vegetali di interesse apistico e quindi al miele stesso, questa matrice può essere utilizzata come indicatore della contaminazione dei vegetali (KÖHLICH, 1986; BORNECK, 1986; ECHIGO et al., 1986; KLEPSCH & MOLZAHN, 1987; SCHAPER, 1987; MOLZAHN et al., 1989; BARBATTINI et al., 1991; BARIŠIĆ et al., 1992; BARIŠIĆ et al., 1994; BORDON P., 2002; BARBATTINI R. et al., 2002).

In particolare, la matrice miele può essere impiegata utilmente nella ricerca di eventuali "zone" calde, anche parecchio tempo dopo un'avvenuta deposizione di radiocontaminanti al suolo. Poiché le api bottinano su un territorio di alcuni km², la misura della concentrazione degli inquinanti risulta essere mediata nello spazio, oltreché integrata nel tempo. Inoltre il miele è un prodotto ampiamente diffuso sul territorio nazionale, viene misurato tal quale ed è quindi abbastanza semplice progettare e realizzare campagne di campionamento e di misura per il monitoraggio della radioattività ambientale di territori anche piuttosto vasti. Naturalmente questa matrice non può essere utilizzata

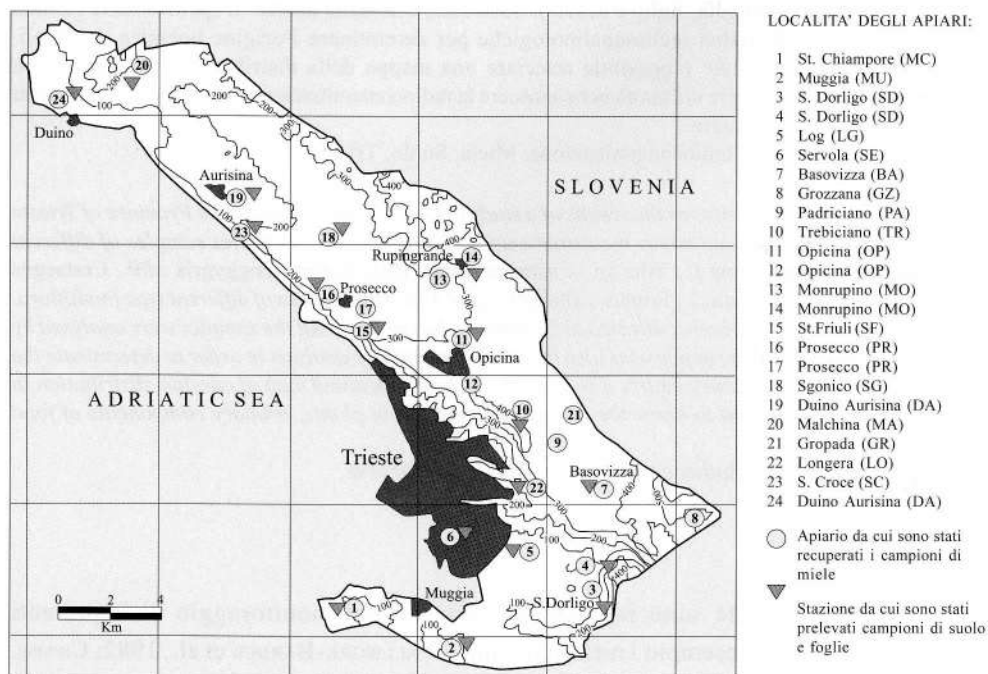


Fig. 1 - Area di studio: disposizione delle 24 stazioni di campionamento.
- Survey area: location of the 24 sampling stations.

in caso di emergenza, né per costruire mappe della sola deposizione del radiocontaminante al suolo. Dopo l'incidente di Chernobyl sono stati elaborati precisi protocolli di campionamento e di misura per l'utilizzo della matrice miele quale indicatore di radioattività ambientale. In particolare vengono definiti i tipi di miele che possono essere utilizzati, quelli da escludere e le correzioni per la densità da effettuarsi nelle tarature in efficienza degli spettrometri gamma (GIOVANI et al., 1993).

In questo lavoro, che si inserisce nel programma di indagini radioecologiche che il CRR (Centro di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ambientale, attualmente ARPA FVG), spesso in collaborazione con le Università degli Studi di Trieste e di Udine, ha avviato a seguito dell'incidente di Chernobyl, vengono presentati alcuni dei risultati della campagna di campionamento e misura della matrice miele nella provincia di Trieste effettuata nell'anno 2000. La mappa della distribuzione delle concentrazioni di Cs-137 nei mieli prodotti in provincia di Trieste viene confrontata con quella relativa alla distribuzione della concentrazione di Cs-137 nei suoli. Viene inoltre presa in esame l'influenza che hanno avuto le precipitazioni cadute sul territorio provinciale nei primi dieci giorni del maggio 1986, quando la nube proveniente da Chernobyl era presente sulla regione Friuli Venezia Giulia. Viene infine indagata la validità della matrice miele quale indicatore della contaminazione radioattiva dei vegetali.

Materiali e metodi

In figura 1 sono indicate le 24 stazioni di campionamento in provincia di Trieste scelte in base alla dislocazione degli apiari. Durante la campagna di campionamento effettuata nel 2000, sono stati raccolti 183 campioni di suolo, 63 campioni di foglie da specie arboree e arbustive e sono stati prelevati 38 campioni di diversi tipi di miele (acacia, tiglio, eteroflora e miele di melata di metcalfa).

Su tutti i campioni sono state effettuate analisi di spettrometria gamma. Si è proceduto inoltre ad analisi melissopalinoologiche sui mieli e sono stati raccolti dati di carattere botanico e geologico sulle diverse stazioni di campionamento.

La provincia di Trieste è stata suddivisa in un reticolo con maglie quadrate di 5 km di lato. All'interno di ogni maglia sono stati individuati 1 o più apiari stanziali. I campionamenti di suolo e di foglie sono stati effettuati laddove le condizioni geomorfologiche e orografiche risultavano più idonee secondo i principali protocolli di campionamento esistenti (EML, 1990). Per i prelievi di suolo è stata utilizzata una trivella Edelman (trivella olandese) di diametro cm 5 e lunghezza cm 15. I campioni di suolo sono stati poi essiccati e setacciati a mm 2. Sono state scelte 7 specie vegetali di interesse apistico, sia arboree che arbustive, più frequenti nell'area di studio. Esse appartengono alle famiglie delle Fagaceae (*Castanea sativa* Mill.), Anacardiaceae

(*Cotinus coggygria* Mill.), Rosaceae (*Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus avium* L. e *Prunus mahaleb* L.), Leguminosae (*Robinia pseudacacia* L.) e Tiliaceae (*Tilia cordata* Mill. e *Tilia platyphyllos* Scop.).

La raccolta dei 63 campioni di foglie è stata effettuata solamente nelle stazioni in cui erano presenti almeno tre alberi o arbusti della stessa specie. In media sono state campionate 4 piante per ogni specie. I campioni sono stati essiccati a temperatura ambiente ed omogeneizzati. Le foglie sono state preferite ai fiori, logicamente più adatti nel disegno dello studio, per la necessità di disporre di un sufficiente quantitativo di campione per l'analisi di spettrometria gamma.

Le misure radiometriche sono state eseguite mediante un germanio intrinseco con un'efficienza relativa dell'80%. La geometria di misura è stata quella dei beaker di Marinelli da 500 cc..

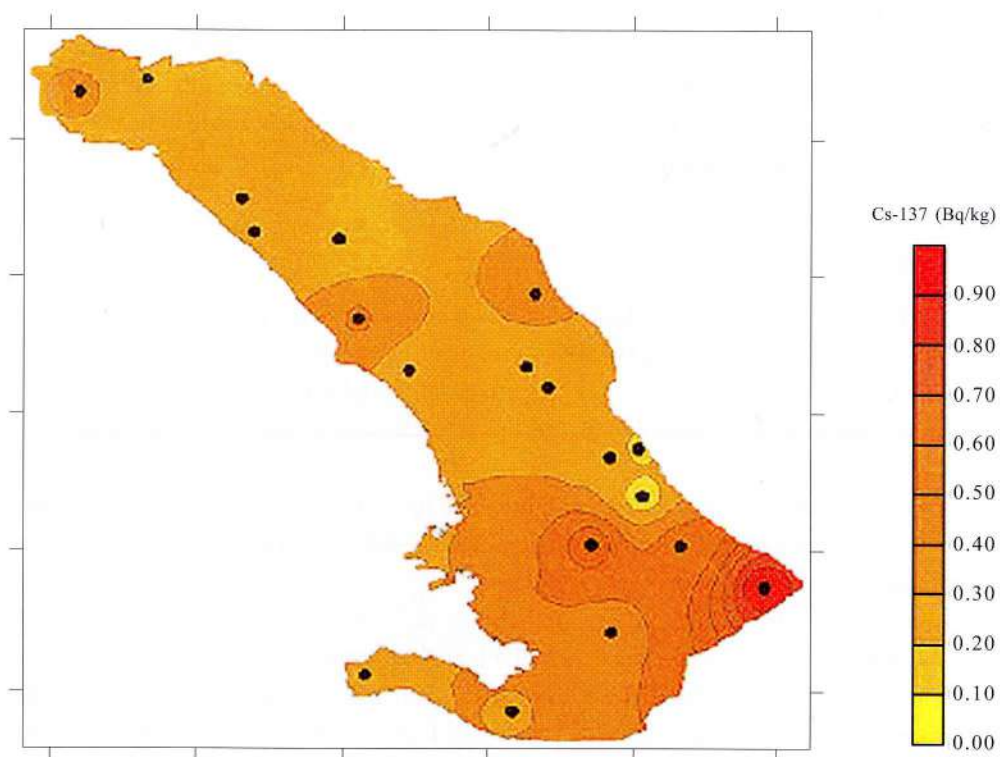


Fig. 2 - Distribuzione del Cs-137 (Bq/kg) in campioni di miele raccolti nel 2000 in provincia di Trieste (BORDON, 2002).

- Cs-137 distribution (Bq/kg) in the honey samples collected in the Province of Trieste (BORDON, 2002).

I radionuclidi presi in esame sono stati il Cs-137, il Cs-134 ed il K-40. In questo studio vengono riportati soltanto i dati relativi al Cs-137 in quanto nella quasi totalità dei casi la concentrazione di Cs-134 è risultata inferiore alla minima attività rilevabile ed il K-40 non è stato utilizzato per l'analisi dei dati.

Per la determinazione dell'origine botanica dei campioni di miele si è proceduto dapprima attraverso l'analisi sensoriale per una valutazione delle caratteristiche organolettiche ed una prima classificazione dei campioni, in seguito è stata eseguita un'analisi melissopalnologica quantitativa e sono state definite le denominazioni dei mieli. L'analisi sensoriale è stata effettuata secondo la metodologia dettata dall'Albo Nazionale degli esperti in analisi sensoriale che prevede l'esame visivo (stato fisico e colore), l'esame olfattivo e l'esame gustativo (sapore, aroma) (PERSANO ODDO et al., 2000). L'analisi melissopalnologica, che si basa sul riconoscimento e sul conteggio degli elementi corpuscolati presenti in sospensione nel miele, è stata effettuata

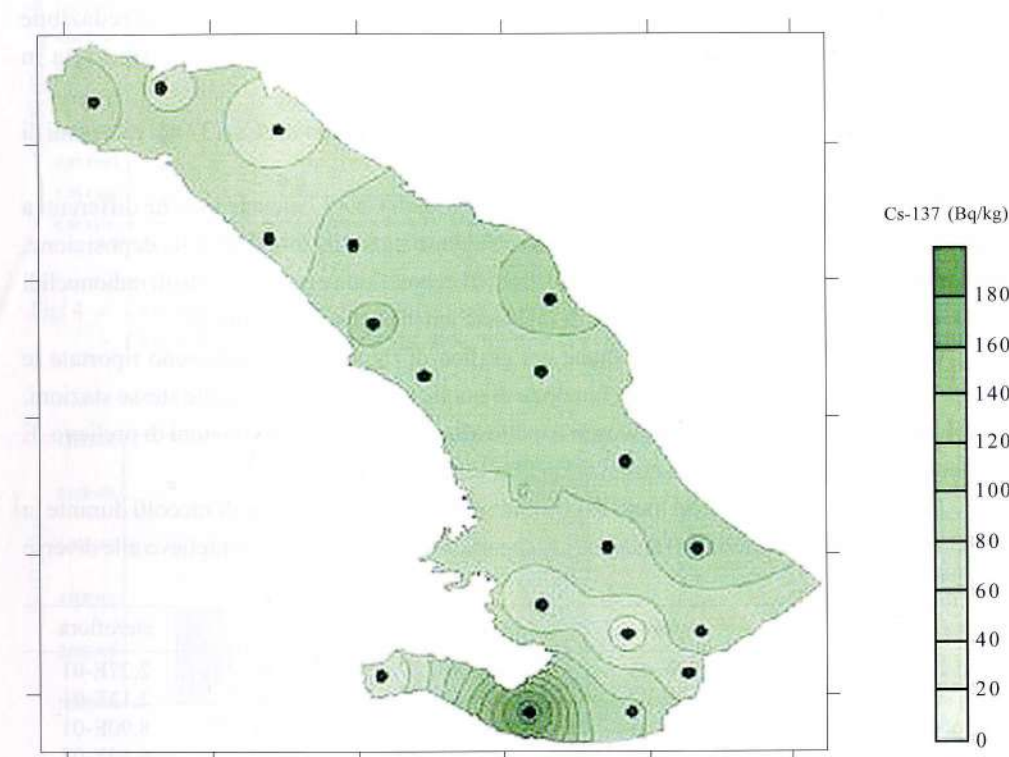


Fig. 3 - Distribuzione del Cs-137 (Bq/kg) in campioni di suolo raccolti nel 2000 in provincia di Trieste (BORDON, 2002).

- Cs-137 distribution (Bq/kg) in the soil samples collected in the Province of Trieste (BORDON, 2002).

applicando la metodologia dettata dalla Commissione Internazionale di Botanica Apistica (LOUVEAUX et al., 1978).

Risultati

Le concentrazioni di Cs-137 nei mieli prodotti in provincia di Trieste nel 2000 sono risultate comprese tra circa 0.06 e 0.9 Bq/kg. Nella tabella I sono riportati i valori medi delle concentrazioni di Cs-137 nei mieli di diversa origine botanica. Come si può notare non vi sono differenze significative tra i diversi tipi di miele misurati. Questo è un risultato atteso in quanto sono stati campionati i tipi di miele previsti dal protocollo (GIOVANI et al., 1993).

Distribuzione della concentrazione del Cs-137 nei mieli e nei suoli della provincia di Trieste

Sulla base del protocollo di campionamento e misura, peraltro confermato dai risultati riportati in tabella I, tutti i campioni raccolti sono stati utilizzati per la redazione della mappa della distribuzione del Cs-137 in provincia di Trieste che è riportata in figura 2.

La figura 3 mostra invece la distribuzione della concentrazione di Cs-137 nei campioni di suolo nella provincia di Trieste nel 2000.

Nelle due mappe vengono rilevate concentrazioni di Cs-137 elevate in zone differenti a riprova del fatto che il miele non può essere considerato un indicatore della sola deposizione, ma è invece un indicatore della somma degli effetti di deposizione e trasferimento di radionuclidi al suolo e dal suolo alle specie vegetali di interesse apistico e quindi al miele.

Lo stesso fatto è evidenziato anche nel grafico di figura 4 nel quale sono riportate le concentrazioni di Cs-137 nei mieli in funzione di quelle nei suoli raccolti nelle stesse stazioni. I suoli sono ordinati in maniera crescente rispetto alle quote s.l.m. delle stazioni di prelievo. È evidente l'assoluta mancanza di correlazione fra le due grandezze.

La figura 5 mostra i valori medi di concentrazione di Cs-137 nei suoli raccolti durante la campagna di misura suddivisi in relazione all'appartenenza delle stazioni di prelievo alle diverse

fascie altimetriche. Si rileva una significativa differenza di concentrazione di Cs-137 tra i campioni prelevati in stazioni ad altitudine superiore ai m 100 s.l.m. rispetto a quelli prelevati a quote inferiori.

Probabilmente tale differenza è imputabile ad una deposizione umida avvenuta in modo disomogeneo, in funzione della quota, sul territorio provinciale nei giorni immediatamente successivi l'incidente di Chernobyl. I dati provenienti dalle stazioni pluviometriche della provincia di Trieste indicano, infatti, precipitazioni cadute nei primi 10 giorni di presenza della nube radioattiva (30 aprile-9 maggio 1986) pari a mm 7.3 a Trieste città (livello del mare) e pari a mm 9.2 sull'altopiano carsico (circa m 300 s.l.m.).

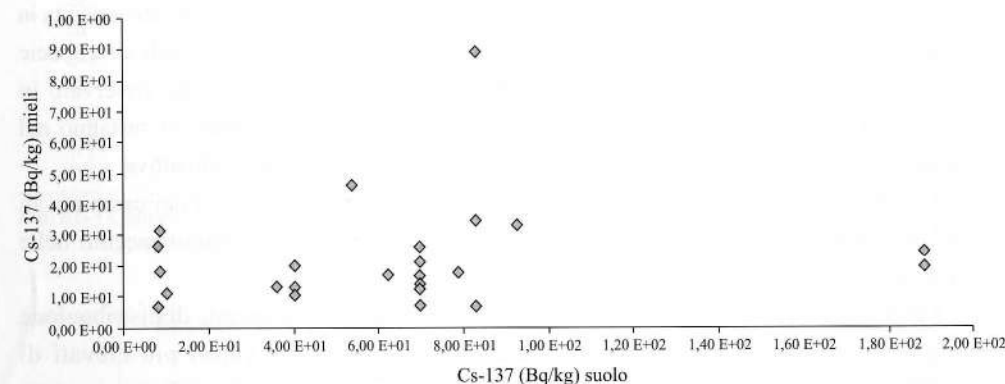


Fig. 4 - Concentrazioni di Cs-137 (Bq/kg) nei mieli e nei suoli prelevati nelle stesse stazioni.
- Cs 137 concentrations (Bq/kg) in honey and in soil samples collected in the same stations.

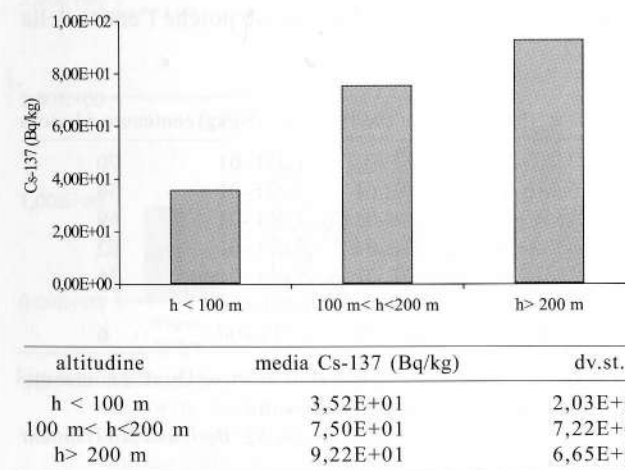


Fig. 5 - Valori medi di concentrazione di Cs-137 (Bq/kg) nei suoli raccolti nel 2000, suddivisi in relazione all'appartenenza delle stazioni di prelievo alle diverse fasce altimetriche.
- Mean values of Cs-137 concentration (Bq/kg) in soil samples collected during 2000 year, ordered on the basis of station altitude.

	melata	acacia	tiglio	eteroflora
media	1,82E-01	1,57E-01	2,33E-01	2,27E-01
Dv. st	9,87E-02	1,22E-01	1,55E-01	2,12E-01
Valore massimo	3,45E-01	2,43E-01	4,63E-01	8,90E-01
Valore minimo	6,55E-02	7,10E-02	1,27E-01	6,59E-02

Tab. I - Media, Deviazione Standard, massimo e minimo delle concentrazioni di Cs-137 nei mieli di diversa origine botanica.

- Mean, Standard Deviation, maximum and minimum values of Cs-137 concentrations in the honey of different botanic origin.

Concentrazione di Cs-137 in alcune specie vegetali della provincia di Trieste

Durante la campagna di campionamento sono stati raccolti 63 campioni di foglie. Il contenuto di Cs-137 in alcuni casi è risultato inferiore alla minima attività rilevabile (pari a circa 0.5 Bq/kg di peso secco), mentre il contenuto di Cs-134 è sempre risultato inferiore alla minima attività rilevabile. In tabella II sono riportate, per ogni specie vegetale raccolta, la media e la deviazione standard per quanto riguarda la concentrazione di Cs-137.

Per poter confrontare la contaminazione nei diversi tipi di piante, i valori di concentrazione di Cs-137 sono espressi, in tabella II, sia in Bq/kg di peso secco, sia in Bq/l tenendo conto del contenuto idrico delle foglie come suggerito da NIMIS et al. (1988).

Dalla figura 6, in cui sono riportati i dati di tabella II, si può notare chiaramente come il valore medio della concentrazione di Cs-137 nei campioni di foglie di *Castanea sativa* risulta in ogni caso superiore al valore medio delle altre, mentre le concentrazioni medie delle altre specie non differiscono significativamente fra di loro. Tale fenomeno era già stato osservato in precedenza (GIOVANI et al., 1991) ed aveva portato all'esclusione del miele di castagno nel protocollo di campionamento dei mieli come indicatori di contaminazione radioattiva.

La tabella III riporta le concentrazioni di Cs-137 (esprese in Bq/kg) nei campioni di foglie rispettivamente di *Robinia pseudacacia* e di *Tilia cordata-platyphyllos* raccolti nelle diverse stazioni.

I dati riportati in tabella III possono essere confrontati con le mappe di distribuzione del Cs-137 nei suoli. Le stazioni dove sono stati riscontrati i valori più elevati di concentrazione di Cs-137 nelle foglie, siano esse di acacia o di tiglio, in linea di massima non ricadono nelle zone, indicate nella mappa di distribuzione dei suoli, come quelle a contaminazione più elevata. Anche la concentrazione di Cs-137 nel miele di una data stazione, come indicato chiaramente nel paragrafo successivo, non presenta alcuna correlazione con la contaminazione del suolo di quella stazione. Tale risultato era atteso poiché l'entità della

campioni	media (bq/kg)	dv. st. (bq/kg)	media (bq/l)	dv. st. (bq/kg)	contenuto idrico%
<i>Prunus avium</i>	9,23E-01	3,21E-01	2,96E-01	1,23E-01	70
<i>Crataegus monogyna</i>	1,38E+00	6,58E-01	9,99E-01	3,72E-01	56
<i>Tilia sp.</i>	1,53E+00	1,45E+00	6,33E-01	5,20E-01	69
<i>Cotinus coggygria</i>	1,72E+00	1,33E+00	9,45E-01	6,02E-01	62
<i>Prunus mahaleb</i>	1,94E+00	1,54E+00	9,37E-01	9,03E-01	76
<i>Robinia pseudacacia</i>	2,10E+00	2,47E+00	9,81E-01	1,08E+00	7
<i>Castanea sativa</i>	4,75E+00	3,04E+00	2,48E+00	1,71E+00	6

Tab. II - Medie delle concentrazioni di Cs-137 espresse in Bq/kg e in Bq/l, relative Dv.st. e contenuto idrico % nei campioni di foglie delle 7 specie vegetali prese in esame.

- Mean values and Standard Deviation of Cs-137 concentrations (Bq/kg; Bq/l) and H₂O content (%) in the leaves samples of the 7 botanic species analysed.

Stazioni	<i>Robinia pseudacacia</i>		<i>Tilia sp.</i>	
	Cs-137 (Bq/kg)	Errore 2-Sigma	Cs-137 (Bq/kg)	Errore 2-Sigma
BA	2,11E+00	5,20E-01	1,60E+00	4,68E-01
DA	1,04E+00	3,64E-01	3,28E+00	6,05E-01
LO	7,80E-01	2,65E-01	5,99E-01	4,41E-01
MA	1,02E+00	2,70E-01	6,94E-01	mda
MC	5,88E-01	3,97E-01	-	-
MO	6,77E-01	3,97E-01	6,66E-01	5,13E-01
MU	5,80E-01	5,45E-01	3,14E-01	1,97E-01
OP	4,47E+00	4,99E-01	4,85E-01	3,31E-01
SC	2,67E-01	1,92E-01	-	-
SD	7,92E+00	6,71E-01	7,50E-01	mda
SE	4,79E-01	mda	3,40E-01	mda
SF	6,50E-01	mda	-	-
SG	5,41E+00	5,51E-01	8,70E-01	2,54E-01
SP	3,94E-01	2,76E-01	7,84E-01	4,39E-01
TR	4,68E-01	mda	2,56E+00	5,05E-01
LG	-	-	8,30E-01	4,52E-01
PR	-	-	4,87E+00	6,25E-01

Tab. III - Concentrazioni di Cs-137 (Bq/kg) in campioni di foglie di *Robinia pseudoacacia* e *Tilia sp.*
- Cs-137 concentrations (Bq/kg) in the leaves samples of *Robinia pseudoacacia* e *Tilia sp.*

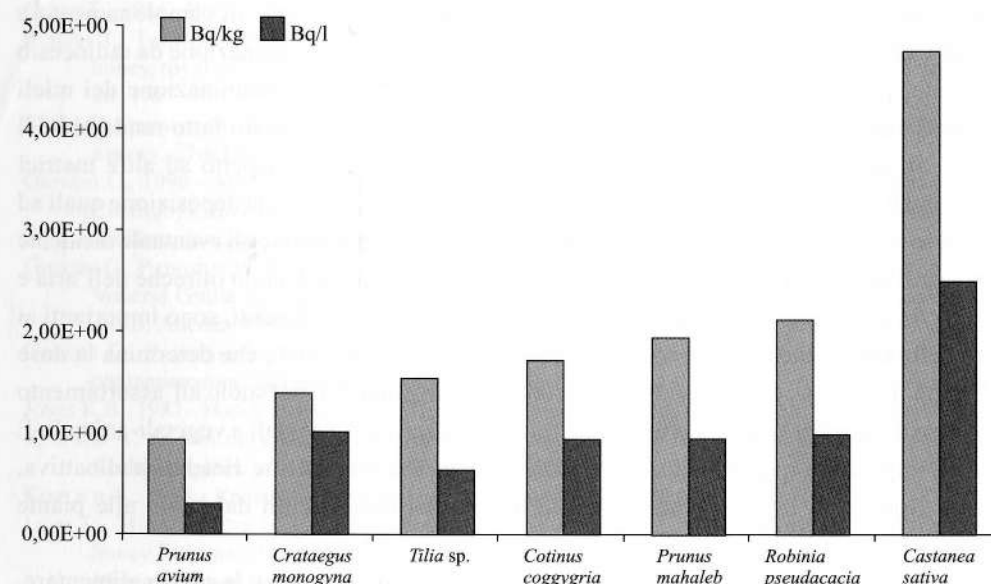


Fig. 6 - Medie delle concentrazioni di Cs-137 espresse in Bq/kg e in Bq/l in campioni di foglie raccolti in provincia di Trieste durante l'anno 2000.

- Mean values of Cs-137 concentration expressed in Bq/kg and Bq/l in leaves samples collected during 2000, in province of Trieste.

contaminazione dei vegetali e, conseguentemente, del miele in una certa stazione dipende dal coefficiente di trasferimento suolo-vegetali (ed eventualmente vegetali-api-miele) oltreché dalla contaminazione del suolo in quella stazione ed i coefficienti di trasferimento possono variare anche di alcuni ordini di grandezza (GIOVANI, 1996).

Il confronto dei dati di concentrazione di Cs-137 nei campioni di foglie (tabella III) con la mappa di distribuzione di concentrazione di Cs-137 nei mieli (figura 2), a causa del limitato numero di campioni di foglie misurati, non consente di validare l'ipotesi che la distribuzione di Cs-137 nel miele rispecchi esattamente quella nei vegetali di interesse apistico, tuttavia tale ipotesi non può neppure essere rigettata.

Conclusioni

Il perdurare della contaminazione da radiocesio nella matrice miele a distanza di 14 anni dall'incidente di Chernobyl, anche in zone quali la provincia di Trieste in cui la deposizione di radionuclidi al suolo è stata relativamente bassa, conferma la bontà di tale matrice come indicatore della contaminazione radioattiva. I risultati presentati evidenziano come l'entità della concentrazione di radiocesio nel miele sia dovuta all'effetto congiunto della deposizione dei radionuclidi al suolo e del trasferimento degli stessi, attraverso le specie vegetali di interesse apistico, ai mieli. Campagne più ampie di campionamento e misura sui vegetali, condotte in zone dove sia più elevata la contaminazione da radiocesio al suolo, potrebbero validare definitivamente l'ipotesi che la contaminazione dei mieli rispecchi la contaminazione dei vegetali di un dato territorio. Questo fatto renderebbe il miele un indicatore principe della contaminazione radioattiva, rispetto ad altre matrici ambientali che vengono usate abitualmente come indicatori della sola deposizione quali ad esempio i muschi. Infatti, nel primo periodo immediatamente seguente un eventuale incidente nucleare, la dose da esposizione dovuta alla contaminazione del suolo oltreché dell'aria e quella da ingestione dovuta alla contaminazione diretta degli alimenti, sono importanti ai fini della radioprotezione. In seguito però il fattore più importante che determina la dose alla popolazione è costituito dalla disponibilità dei radionuclidi nel suolo all'assorbimento da parte delle piante e dai coefficienti di trasferimento suolo-vegetali e vegetali-animali. È molto importante quindi, negli anni successivi ad una consistente ricaduta radioattiva, poter disporre di informazioni sul trasferimento dei radionuclidi dal suolo alle piante superiori.

Dalla contaminazione dei vegetali si può poi risalire, attraverso la catena alimentare, alla dose da ingestione alla popolazione. Una mappa della distribuzione della radiocontaminazione nel miele può essere utile per individuare, anche alcuni anni dopo l'avvenuta ricaduta, zone in cui siano stati elevati la deposizione al suolo oppure il

trasferimento dal suolo ai vegetali, o entrambi questi fattori, e che necessitino quindi di analisi più approfondite allo scopo di tutelare la salute pubblica. Con riferimento proprio alla radioprotezione della popolazione, va segnalato che i valori di concentrazione di Cs-137 riscontrati nel miele, dal 1986 ad oggi, sono talmente bassi da non costituire pericolo alcuno per gli individui che ne ingeriscano anche una grande quantità.

Manoscritto ricevuto il 22.X.2002.

Bibliografia

- BARBATTINI R., GIOVANI C., BORDON P. & GREATTI M., 2002 - Andamento nel tempo della concentrazione di Cs-137 nel miele della provincia di Trieste. *Agribusiness Paesaggio & Ambiente*, 1: 42-50.
- BARBATTINI R., FRILLI F., IOB M., GIOVANI C. & PADOVANI R., 1991 - Trasferimento del cesio e del potassio attraverso la "catena apistica" in alcune aree del Friuli. Nota preliminare. *Apicoltura*, 7: 85-99.
- BARIŠIĆ D., LAZARIĆ K., LULIĆ S., VERTACNIK A., DRACIĆ M. & KEZIC N., 1994 - K40, Cs-134 and Cs-137 in pollen, honey and soil surface layer in Croatia. *Apidologie*, 25: 585.
- BARIŠIĆ D., LULIĆ S., KEZIC N. & VERTACNIK A., 1992 - 137Cs in flowers, pollen, and honey from the Republic of Croatia four years after the Chernobyl accident. *Apidologie*, 23: 71-78.
- BORDON P., 2002 - Studio del trasferimento del radiocesio attraverso la catena apistica in provincia di Trieste. *Tesi di Laurea, Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Biologia*.
- BORNECK R., 1986 - Apres Tchernobyl: miel, pollen et radioactivité. *Ouest-Apiculture*, 75: 11.
- CRANE E., 1984 - Bees, honey and pollen as indicators of metals in the environment. *Bee World*, 55: 47-49.
- ECHIGO T., TAKENAKA T. & YATSUNAMI K., 1986 - Comparative studies on chemical composition of honey, royal jelly and pollen loads. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tamagawa University*, 26: 1-8.
- EML, ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS LABORATORY, 1990 - Procedures Manual. *U.S. Department of Energy*, 27th Ed., 1.
- GIOVANI C., 1996 - Attività di monitoraggio e di ricerca nel Friuli-Venezia Giulia dopo l'incidente di Chernobyl. *Atti del Convegno "10 anni da Chernobyl: Ricerche in Radioecologia, Monitoraggio Ambientale e Radioprotezione"*, Trieste 4-6 marzo 1996: 71-82.
- GIOVANI C., PADOVANI R., BARBATTINI R., FRILLI F. & IOB M., 1993 - Radiocaesium distribution in Friuli-Venezia Giulia through spectrometry measurements of honey samples. *Proc. VII Cong. Naz. AIFB, Ancona 1992. Physica Medica*, 9 suppl., 1: 292-294.
- GIOVANI C., PADOVANI R., FRILLI F., BARBATTINI R. & IOB M., 1991 - Il miele come indicatore della contaminazione radioattiva. *Apicoltura*, 7: 137-149.
- JONES K.B., 1987 - Honey as Indicator of Heavy Metal contamination. *Water Air Soil Pollut.*, 33: 179-189.
- KLEPSCH A. & MOLZAHN D., 1987 - Die radioaktive Belastung des Honigs in Hessen nach dem Reaktorunglück in Tschernobyl. *Biene*, 123: 109-114.
- KOHLICH A., 1986 - Radiation level of honey and flower pollen. *Bienenwatter*, 107: 259-261.
- LEITA L., MUHLBACHOVA G., CESCO S., BARBATTINI R. & MONDINI C., 1996 - Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 43: 1-9.
- LOUVEAUX J., MAURIZIO A. & VORWOHL G., 1978 - Methods of melissopalynology. *International Bee Research Association. Bee World*, 59: 139-157.
- MOLZAHN D., KLEPSCH A. & ASSMANN WERTMÜLLER U., 1989 - Bestimmung von Transferfaktoren von Caesium in der Kette Boden- Rapspflanze-Rapsblüte-Rapshonig. *Apidologie*, 20: 6, 473-483.

- NIMIS P.L., GIOVANI C. & PADOVANI R., 1988 - On the ways of expressing radiocaesium contamination in plants for radioecological research. *Studia Geobot.*, 8: 3-12.
- PERSANO ODDO L., SABATINI A.G., ACCORTI M., COLOMBO R., MARCAZZAN G.L., PIANA M.L., PIAZZA M.G. & PULCINI P., 2000 - I mieli uniflorali italiani. Nuove schede di caratterizzazione. *Ministero delle Politiche Agricole e Forestali*.
- SCHAPER F., 1987 - Radioactivity in Bavarian honeys in 1986 - *Apidologie*, 18: 357-358.
- WALLWORK-BARBER M.K., FERENBAUGH R.W. & GLADNEY E.S., 1982 - The use of honey bees as monitors of environmental monitors. *Am. Bee J.*, 122: 770-772.

Indirizzi degli Autori - Authors'addresses:

- dott.ssa Concettina GIOVANI
dott. Paolo DI MARCO
Sig. Elvio SCRUZZI
Sezione di Fisica Ambientale
Servizio Tematico Analitico
Dipartimento di Udine
ARPA Friuli Venezia Giulia
Via Colugna 42, I- 33100 UDINE
e-mail: giovani@arpa.fvg.it
- dott.ssa Paola BORDON
Via delle Campanelle 156, I-34149 TRIESTE
e-mail: paola.bordon@katamail.com