

Ann. Mus. civ. Rovereto	Sez.: Arch., St., Sc. nat.	Suppl. vol. 8 (1992)	285-292	1993
-------------------------	----------------------------	----------------------	---------	------

L. COCCHI, G. CONSIGLIO, E. GATTAVECCHIA & D. TONELLI

I FUNGHI COME BIOSENSORI DI INQUINAMENTO
RADIOATTIVO.
UNO STUDIO SULLE SPECIE *CANTHARELLUS LUTESCENS*
E *ROZITES CAPERATUS*

Riassunto - L. COCCHI, G. CONSIGLIO, E. GATTAVECCHIA & D. TONELLI - I funghi come biosensori di inquinamento radioattivo. Uno studio sulle specie *Cantharellus lutescens* e *Rozites caperatus*.

Si intende presentare i risultati, pur parziali, di una ricerca svolta dal 1986 (anno dell'incidente di Chernobyl) a tutto il 1991 su funghi provenienti, essenzialmente, da zone dell'Appennino Tosco-Emiliano e del Trentino-Alto Adige. L'aver proseguito con continuità analisi radiometriche sulla presenza nei funghi di Cs 134 e Cs 137 ha consentito di individuare le specie citate nel titolo come ipercaptanti, di elaborare alcune ipotesi sui meccanismi biochimici di captazione, di escogitare un elementare sistema di profilassi igienico-sanitaria verso la assunzione umana di radionuclidi presenti nei funghi per via alimentare.

Gli studi sull'impatto ambientale delle immissioni artificiali di radionuclidi nell'ecosistema sono stati finora caratterizzati da ottiche e motivazioni molto diverse.

Da una parte, dopo Hiroshima, si può dire che molto si conosce sulle dosi massicce e sui loro devastanti effetti sul breve periodo, almeno sull'uomo. Meno si sa sui periodi medio-lunghi e sulle conseguenze sugli equilibri biologici e ambientali, soprattutto per la mancanza di una sensibilità collettiva che almeno fino agli anni '70 ha caratterizzato l'opinione pubblica e, di conseguenza, non ha sollecitato in questo senso le responsabilità politiche e scientifiche che, anzi, erano soprattutto mobilitate in chiave militare.

Dall'altra parte, essenzialmente per l'aumentata attenzione provocata da un sempre più diffuso ambientalismo e dalle forti paure collettive dovute a incidenti in centrali elettronucleari (Chernobyl valga per tutti) si sono iniziati, negli anni '80, studi sulle conseguenze umane ed ambientali di immissioni di radionuclidi artificiali, in dosi relativamente basse, nell'ecosistema. Tali studi, tuttavia, sono finora stati caratterizzati da spontaneismo, da improvvisazione, da scarso coinvolgimento del mondo scientifico ufficiale, dalle esigenze dell'attualità dell'argomento: in parole povere sugli effetti e sull'impatto umano ed ambientale di questo livello di immissioni poco o nulla si sa, sul breve periodo.

Ci è parso perciò importante, al di là della moda, peraltro già finita, del dopo Chernobyl, continuare ed insistere nello studio dell'inquinamento radioattivo, in particolare sui funghi. Questo non solo per i particolari interessi micologici di alcuni tra noi, ma anche perché pensiamo, naturalmente non soli (1), si possono ritenere i funghi, alcune specie in particolare, efficaci e significativi sensori ambientali per l'importantissimo ruolo biologico che essi giocano in natura, soprattutto in riferimento a determinati radioisotopi particolarmente pericolosi per tutti gli organismi viventi e le diverse catene alimentari, come Cs134, Cs137, Ag110M, Sr90 ed altri.

Si è ritenuto necessaria questa alquanto lunga premessa per dare una motivazione non banale ad una comunicazione sul tema della radioattività nel corso di un Convegno Nazionale sugli avvelenamenti da funghi.

Quello radioattivo, infatti, non è un «veleno» in senso classico, avendo conseguenze sugli organismi viventi, uomo compreso, valutabili in senso statistico e probabilistico: in sostanza non è possibile stabilire, al contrario degli altri veleni, compresi quelli artificiali, determinate soglie di danno certo (2). Gli stessi limiti posti dalla legislazione (600 Bq/Kg come da normativa C.E.E.) sulla radioattività delle merci alimentari sono contraddittori e spesso privi di significato pratico (3), anche se tali limiti venissero elevati, come sembra nelle intenzioni C.E.E., a 1200 Bq/Kg.

Si può comunque affermare che l'assunzione umana di radionuclidi considerati tossici (4) tramite funghi per via alimentare non ha creato problemi preoccupanti, almeno nell'immediato. Questa affermazione si basa non solo sulla nostra esperienza, ma anche da quanto si può chiaramente desumere dai resoconti annuali dei Servizi di Sicurezza e Medicina Preventiva degli Assessorati alla Sanità delle Regioni, come l'Emilia-Romagna, che hanno attivato una rete di monitoraggio della radioattività sul territorio almeno dal 1986.

A questo proposito, come già recentemente abbiamo reso noto (5), ci sembra di particolare interesse, dal punto di vista dell'igiene e della profilassi sanitaria, l'aver verificato che le specie che abbiamo in particolare studiato, *Cantharellus lutescens* e *Rozites caperatus* (ma anche *Tricholoma inamoenum*) quando vengono fatte rinvenire in acqua dopo un primo essiccamento (come di solito si

fa in cucina, anche solo per lavare i funghi secchi) perdono, rilasciandola nell'acqua di rinvenimento, circa il 70% della loro radioattività. Pertanto, se l'acqua di rinvenimento viene gettata via, nei funghi rimangono concentrazioni di radionuclidi (anche di quelli presenti naturalmente come K40) in sostanza sempre ininfluenti ai fini del consumo alimentare.

Se, quindi, si possono escludere nell'immediato e nel breve periodo preoccupanti problemi di impatto umano ed ambientale provocati dalla radioattività nei funghi, non è detto che altrettanto si possa affermare sul medio e lungo periodo, soprattutto per il ruolo, spesso sconosciuto e imprevedibile, che i funghi possono giocare nelle catene alimentari (6). Già questa riflessione giustifica, a nostro modo di vedere, il lavoro che noi ed altri stiamo conducendo, ma anche altre motivazioni di carattere strettamente scientifico, e non soltanto micologico, sono importanti e comunque necessarie per garantire lo sviluppo delle conoscenze.

Dalle nostre misure, effettuate su alcune centinaia di campioni, risultano, come ipercaptanti per il Cs e, quindi, maggiormente contaminate da Cs134 e Cs137, le specie *Cantharellus lutescens* e *Rozites caperatus* per le quali la tabella allegata riporta i valori più significativi che, come si può vedere, sono, almeno fino al 1990, a livelli non trascurabili. Dalla letteratura (7) e dalle nostre misure risulta che il Cesio è confinato in uno strato di terreno profondo non più di 10 cm e dall'analisi del rapporto isotopico Cs137/Cs134 risulta evidente come i primi 3 cm siano interessati dalla ricaduta radioattiva di Chernobyl, mentre nei 7 cm sottostanti la mancanza di Cs134 mostra come questi strati siano stati interessati dalla ricadute radioattive pre-Chernobyl, essenzialmente dovute agli esperimenti nucleari in atmosfera e cessati negli anni '70.

Quando risultava possibile avere a disposizione il campione di fungo assieme al substrato su cui era cresciuto ed al terreno della zona di raccolta, del quale si conosceva l'entità della ricaduta radioattiva sulla base di un modello di previsione proposto e validato in precedenza, venivano analizzate tutte queste matrici.

Dal valore del rapporto isotopico nei diversi campioni (vedere tabella) si può dedurre che l'assorbimento di Cesio dal terreno più profondo è inesistente e, perciò, tale assorbimento deve avvenire nei primi 3 cm di terreno la cui componente principale è il materiale organico in decomposizione. Da questi dati, tra l'altro, si può anche stimare che, nelle zone considerate, la ricaduta radioattiva dovuta a Chernobyl risulta circa la metà di quella caduta a causa degli esperimenti nucleari, tenuto conto del tempo trascorso dalla fine delle esplosioni in atmosfera.

Inoltre, l'assenza di Cesio negli aghi di pino nuovi, caduti sul terreno, rappresenta un'ulteriore conferma di quanto sia difficile rimuovere il Cs dal terreno stesso.

Il fatto che i *Cantharellus lutescens* siano ancora abbastanza radioattivi

dipende probabilmente dal loro saprofitismo nei confronti di un substrato vegetale in decomposizione (aghi di pino e musco) che rilascia lentamente il Cs assorbito al momento della ricaduta radioattiva.

Infatti l'elevata radioattività presente nel musco e un rapporto isotopico indicante assenza di Cs pre-Chernobyl, sono spiegabili solo ammettendo che questo tipo di vegetale abbia un ricambio ionico estremamente lento e quindi gran parte del Cs depositato da Chernobyl sia tuttora trattenuto nei muschi. Infatti, se il musco assorbisse grandi quantità di Cs dal terreno (altro modo per spiegarne l'elevata radioattività) il rapporto isotopico tra le concentrazioni di Cs137 e di Cs134 dovrebbe essere molto vicino a 10, valore nel terreno più profondo, invece che al rapporto tipico del fallout da Chernobyl che è 4,85 (8).

Da queste considerazioni si evince che il substrato tipico di questa specie di funghi (vegetali in decomposizione) continuerà ad essere radioattivo per lungo tempo e che la radioattività nei *Cantharellus lutescens* dipenderà essenzialmente dalla velocità di decomposizione del materiale organico con conseguente biodisponibilità di Cesio. Questa interpretazione del meccanismo di assimilazione del Cs da parte di *Cantharellus lutescens* è dall'altra parte consistente con le numerose osservazioni riportate in letteratura che suggeriscono che alcune specie fungine saprofiti presentano una spiccata attitudine ad assimilare Cs radioattivo particolarmente in terreni acidi e coperti da conifere (9).

Meno chiara è la situazione per quanto concerne i funghi della specie *Rozites caperatus*. È molto probabile che appartenendo alle Cortinariaceae questo fungo sia simbiote e non saprofita e, in questo caso, il biochimismo potrebbe essere diverso da quello di *Cantharellus lutescens*. Inoltre i dati relativi a *Rozites caperatus* (vedere tabella) si riferiscono a campioni raccolti soprattutto in boschi di castagno e faggio, cioè sotto latifoglie, in terreno meno acido di quello delle conifere. In questo caso un fattore decisivo potrebbe essere rappresentato dal grado di superficialità del micelio.

Deve essere chiaro che queste valutazioni non esauriscono certo tutto ciò che è desumibile dai dati della tabella e che siamo ben consapevoli che sono molte di più le domande ancora senza risposta che le certezze.

In sostanza le ipotesi delineate precedentemente sono da assumere come ipotesi di lavoro, da usare fino a quando sono in grado di fornire spiegazioni attendibili della complessa fenomenologia che si tenta di interpretare.

Con questo spirito è con piacere che prendiamo atto dell'esistenza (10) di lavori, di metodologie, di ipotesi e tentativi di spiegazione diversi dai nostri. Vogliamo dire che ci paiono ormai da tempo maturate le condizioni per evitare di disperdere la consistente mole di lavoro che pure è stata svolta, soprattutto, ma non solo, in questi ultimi 5-6 anni, su queste problematiche, in modo, tuttavia, troppo spesso disorganizzato e disorganico.

TABELLA RISULTATI DELLE MISURE RADIOMETRICHE (a)

Campione	Anno	Località	137Cs	134Cs	Rap
<i>C. lutescens</i>	1985	Canossa (RE)	110	20	—
<i>C. lutescens</i>	1986	Carpineti (RE)	1900	840	2,2
<i>C. lutescens</i>	1986	Canossa (RE)	12600	6120	2,1
<i>C. lutescens</i>	1987	Barberino (FI)	806	224	3,6
<i>C. lutescens</i>	1987	La Martina (BO)	1040	321	3,2
<i>C. lutescens</i>	1987	Savigno (BO)	1050	331	3,1
<i>C. lutescens</i>	1987	Scarperia (FI)	1460	408	3,6
<i>C. lutescens</i>	1987	Canossa (RE)	2690	780	3,5
<i>C. lutescens</i>	1987	Montepastore (BO)	3170	883	3,6
<i>C. lutescens</i>	1988	Scarperia (FI)	774	176	4,4
Aghi Freschi	1988	Scarperia (FI) (b)	nr	nr	—
Aghi Freschi	1988	Scarperia (FI) (b)	121	22	5,5
Musco	1988	Scarperia (FI)	4270	912	4,7
Terreno (c)	1988	Scarperia (FI)	7220	719	10,0
Terreno (d)	1988	Scarperia (FI)	3730	719	5,1
<i>C. lutescens</i>	1989	Castel d'Ajano (BO)	458	73	6,3
<i>C. lutescens</i>	1989	Scarperia (FI)	3790	534	7,1
<i>C. lutescens</i>	1989	Carpineti (RE)	5030	870	5,8
<i>C. lutescens</i>	1989	Canossa (RE)	5910	1040	5,7
<i>C. lutescens</i>	1990	Canossa (RE)	1690	218	7,8
<i>C. lutescens</i>	1990	Carpineti (RE)	1590	197	7,9
<i>C. lutescens</i>	1991	Canossa (RE)	353	31	11,4
<i>R. caperatus</i>	1989	Castel d'Ajano (BO)	5790	800	7,2
<i>R. caperatus</i>	1989	Quercia (BO)	11000	1390	7,9
<i>R. caperatus</i>	1989	Castel d'Ajano (BO)	11200	1620	6,9
<i>R. caperatus</i>	1989	Castel d'Ajano (BO)	15000	2180	6,9
<i>R. caperatus</i>	1989	Pavullo (MO)	25500	3640	7,0
<i>R. caperatus</i>	1989	Monzuno (BO)	63800	9520	6,7
<i>R. caperatus</i>	1990	Loiano (BO)	11500	1290	8,9
<i>R. caperatus</i>	1990	Pian di Setta (BO)	11600	1300	8,9
<i>R. caperatus</i>	1990	Loiano (BO)	12800	1200	10,7
<i>R. caperatus</i>	1990	Monzuno (BO)	16300	1460	11,2
<i>R. caperatus</i>	1990	Tolè (BO)	17200	1930	8,9
<i>R. caperatus</i>	1990	Sicina (TN) (e)	8140	901	9,0
<i>R. caperatus</i>	1990	Sicina (TN) (f)	16400	1820	9,0
<i>R. caperatus</i>	1990	Levico (TN) (e)	11800	1230	9,6
<i>R. caperatus</i>	1990	Levico (TN) (f)	18300	1870	9,8
<i>R. caperatus</i>	1990	Pinzolo (TN) (g)	22000	2360	9,3
<i>R. caperatus</i>	1990	Pinzolo (TN) (h)	4280	475	9,0
<i>R. caperatus</i>	1991	Pinzolo (TN) (e)	13900	1120	12,4
<i>R. caperatus</i>	1991	Pinzolo (TN) (f)	22200	1840	12,1

a: i campioni di *C. lutescens* sono stati tutti raccolti in boschi di pino silvestre; quelli di *R. caperatus* in boschi di castagno o faggio in Emilia, di abete rosso in Trentino. I valori di Cs134 e Cs137 sono espressi in Bq/Kg (peso secco). - b: pino silvestre - c: Cs totale (da Chernobyl + deposito anni '60). - d: Cs solo da Chernobyl - e: solo gambi - f: solo cappelli - g: funghi essiccati prima del rinvenimento - h: funghi riessiccati dopo il rinvenimento in acqua.

Sulla base di queste considerazioni riteniamo utile proporre agli Organizzatori di questo Convegno Nazionale di assumere questa tematica come oggetto di un prossimo Convegno Nazionale. Sappiamo che questa iniziativa sarebbe accolta con entusiasmo e disponibilità dai Gruppi Micologici, almeno quelli dell'Emilia-Romagna.

Siamo altresì convinti che solo attraverso un momento coordinato che uniformi e standardizzi metodologie, criteri, procedure, tecniche di ricerca potrà essere reso possibile un più diffuso scambio e confronto di esperienze al fine di rendere scientificamente produttivo e aprire prospettive di conoscenza effettiva a tutto il lavoro che, al riguardo, singoli ricercatori, Strutture Pubbliche locali e nazionali, Gruppi Micologici hanno finora svolto.

Le misure radiometriche sono state effettuate presso il Centro di Studi Radiochimici (Università di Bologna) e presso il Servizio Fisico Ambientale del Presidio Multinazionale di Prevenzione di Reggio Emilia.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1. DE NEGRI P., TASSI PELATI L. & BRACCHI P. G. - Atti del IV Convegno Internazionale di Micologia - 27/30 settembre 1987. *Centro Studi per la Flora Mediterranea*, Borgo Val di Taro (PR).
MIHOK S., SCHWARTZ B. & WIEWEL A. M., 1989 - *Health Physics*. 57: 959.
GIOVANI C., NIMIS P. L., PADOVANI R., BERSANI F. & CEBULEZ E., 1988 - *Archivio Botanico Italiano*, 64: 181.
BELVISI M., ONORI L. & TOMARCHIO L. - Caratterizzazione di alcuni ecosistemi terrestri attraverso l'uso di miceti e di altre matrici ambientali significative ad essi correlate: un contributo metodologico. E.N.E.A.DIPS/89/3.
GREMIGNI G., 1986 - *Tricholoma album*: un indicatore biologico della contaminazione da fallout. *Quaderni di Storia Naturale di Livorno*. 7: 81.
2. Con questo non vogliamo sottovalutare il problema ma, al contrario, crediamo sia necessario ripensare il concetto stesso di rischio.
3. COCCHI L. - Numeri speciali de «Il Fungo» per la XIII (1988) e la XIV (1989) Mostra Reggiana del Fungo (RE).
4. Si vuole segnalare il fatto che nei funghi è presente il radionuclide K40, spesso in quantità superiori a quelle del Cs137, che non viene mai considerato perché è un radionuclide naturale ed è (il Potassio) l'elemento principale della composizione chimica dei funghi. È comunque sempre importante rilevare la concentrazione di K40 per capire se ci sono correlazioni con le concentrazioni di Cs134 e Cs137.

5. CONSIGLIO G., GATTAVECCHIA E., TONELLI D. & COCCHI L., 1990 - La radioattività nei funghi: attualità del problema ed opportunità di un approfondimento. *Rivista di Micologia A.M.B.*, 3: 227.
6. HOVE K., PERDERSEN O., GARMO T. H., HANSEN H. S. & STAALAND H., 1990 - Fungi: a major source of radiocesium contamination of grazing ruminants in Norway. *Health Physics*, 59: 189.
MIHOK S., SCHWARTZ B. & WIEWEL A. M., 1989 - Bioconcentration of fallout ¹³⁷Cs by fungi and red backed voles-*Health Physics*. 57: 959.
HOWARD B. J., MAYES R. W., BERESFORD N. A. & LAMB C. S., 1989 - Transfer of radiocesium from different environmental sources to ewes and suckling lambs. *Health Physics*, 57: 579.
7. NIMIS P. L., GIOVANI C. & PADOVANI R., 1986 - La contaminazione da Cs134 e Cs137 nei macromiceti del Friuli-Venezia Giulia nel 1986. *Studia Geobotanica*, 6: 3.
8. Dati calcolati al 7/12/1988.
9. Nimis P. L., Giovanni C. & Padovani R., già citato al punto (7).
10. GENTILI A., GREMIGNI G. & SABBATINI V., 1991 - Ag110m in funghi in central Italy after the Chernobyl accident (letter to the Editor). *J. Environ. Radioactivity*. 13: 75.
DE FRANCESCHI L., GENTILI A., GREMIGNI G. & BOCCOLINI A., 1981 - ¹³⁷Cs nei funghi in Italia: un apporto significativo alla dose alla popolazione dovuto alla dieta. *Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno*. 2: 33.

Indirizzo degli autori:

L. Cocchi - Gruppo Micologico «R. Franchi» Reggio Emilia
Via G. Vecchi, 14 - 42100 Reggio Emilia
G. Consiglio - Gruppo Micologico AVIS Bologna
Cattedra di Chimica Organica - Università di Bologna
Via C. Ronzani, 61 - 40033 Casalecchio di Reno (BO)
E. Gattavecchia - D. Tonelli:

Centro di Studi Radiochimici - Università di Bologna - Via S. Donato, 15 - 40127 Bologna