

Incidenti nucleari

I rischi per gli alimenti e le misure di difesa

Bassi i rischi per gli europei in seguito all'incidente di Fukushima

di Giovanna Zappa

Responsabile del Coordinamento Qualità dei Test Chimici e Biologici, ENEA-UTAGRI

Per prevenire e controllare la contaminazione degli alimenti è necessario considerare tutte le vie di trasferimento dei radionuclidi alla catena alimentare e monitorare i livelli di radioattività lungo l'intera filiera produttiva

- ortaggi → uomo
- foraggio → mucca → latte → uomo

La catena suolo → vegetale → animale assume importanza invece per i radionuclidi a vita lunga come il ^{137}Cs (emivita 30 anni) e lo ^{90}Sr (emivita 28 anni), che possono restare disponibili nel terreno per diversi anni.

La contaminazione della catena alimentare

La prima via d'ingresso dei radionuclidi nella catena alimentare è la deposizione diretta sulle superfici esposte, ragion per cui nella prima fase risultano più a rischio i prodotti vegetali coltivati in pieno campo ed in particolare i vegetali a foglia larga. La contaminazione del materiale vegetale può avvenire non solo in seguito a deposizione passiva sulla superficie degli organi vegetativi, ma anche per assorbimento attivo all'interno dei tessuti: sia attraverso la superficie fogliare, che attraverso il sistema radicale. L'assorbimento attraverso la superficie fogliare è rilevante soprattutto nella fase di fallout e per alcuni radionuclidi (soprattutto quelli a vita media breve, come ^{131}I) costituisce la principale via di ingresso all'interno dei tessuti vegetali. Questo processo è in-

La contaminazione degli alimenti in seguito ad incidente nucleare è provocata dal fallout radioattivo e può avvenire sia a breve che a medio-lungo termine. Fra i principali radionuclidi liberati, quelli a maggior impatto biologico noto sono: i radioisotopi dello iodio (^{131}I , ^{132}I , ^{134}I , ^{135}I), del cesio (^{134}Cs , ^{137}Cs) e dello stronzio (^{89}Sr , ^{90}Sr). I radionuclidi a vita breve come lo ^{131}I decadono rapidamente (emivita fisica 8 giorni) e quindi possono essere trasferiti all'uomo solo da catene alimentari brevi e rapide, quali ad esempio:

fatti generalmente molto rapido e si compie entro poche ore dalla deposizione. Il tasso di assorbimento attraverso la superficie fogliare è fortemente influenzato dallo stadio di sviluppo e dalla forma della foglia, dalla morfologia e fisiologia dell'apparato stomatico, dalla microstruttura della superficie fogliare e dalle condizioni climatiche (precipitazioni, direzione e velocità del vento ecc.).

Per i radionuclidi a vita media lunga, come il ^{137}Cs e lo ^{90}Sr , l'assorbimento radicale dal terreno costituisce invece la via principale di contaminazione dei vegetali a lungo termine. L'assorbi-

mento dei radionuclidi dal suolo mediante il sistema radicale dipende, oltre che dalla concentrazione di radionuclidi, dalle proprietà del suolo, quali: frazione argillosa, contenuto di sostanza organica, pH, pE, temperatura, tenore idrico, ossigeno disciolto e quantità di ioni scambiabili (ad esempio, calcio, potassio, ammonio) e/o che esplicano sinergismo o concorrenza rispetto all'assorbimento dei radionuclidi.

Una volta che i radionuclidi vengono depositati o assorbiti nei tessuti vegetali, la contaminazione radioattiva può essere rimossa – in aggiunta al decadimento fisico dei radionuclidi – per effet-

I controlli Ue in seguito all'incidente di Fukushima



Per i cittadini europei, i rischi di assunzione di alimenti contaminati in seguito all'incidente nucleare verificato a Fukushima in Giappone sono bassi.

L'importazione complessiva di prodotti agricoli (di origine animale e vegetale) e della pesca dal Giappone è poco significativa. Infatti, nel 2010 l'importazione in Europa dal Giappone è stata pari ad un valore di 187 milioni di euro per i prodotti agricoli e di 18 milioni di euro per i prodotti della pesca. In particolare le esportazioni di frutta e verdura verso l'Europa sono estremamente ridotte (9.000 tonnellate nel 2010) e, per quanto riguarda i prodotti di origine animale, il Giappone è autorizzato ad esportare in Europa soltanto 4 tipi di prodotti e precisamente: pesce, molluschi bivalvi, membrane per insaccati, mangimi per animali domestici. Inoltre c'è da considerare che le autorità giapponesi fin dal primo momento

hanno preso le necessarie misure per assicurare che eventuali alimenti (e acque potabili) contaminati non siano né venduti al pubblico giapponese né esportati.

Per garantire la sicurezza dei consumatori ed impedire l'ingresso di alimenti e mangimi contaminati in seguito all'incidente occorso agli impianti nucleari di Fukushima, la Commissione europea ha lanciato una notifica tramite il Sistema di Allerta Rapido per Alimenti e Mangimi (RASFF), raccomandando il controllo della radioattività dei prodotti importati dal Giappone (mangimi per animali e alimenti di origine vegetale e animale) dopo il 15 marzo. Per rafforzare ulteriormente i controlli, il 24 marzo lo Standing Committee on the Food Chain and Animal Health (SCoFAH) dell'Unione europea ha stabilito che tutti gli alimenti e mangimi che originano o provengano dalle 12 prefetture del Giappone più a rischio di contaminazione radioattiva (Fukushima, Gunma, Ibaraki, Tochigi, Miyagi, Yamagata, Niigata, Nagano, Yamanashi, Saitama, Tokyo e Chiba) devono essere controllati prima di lasciare il Giappone e possono essere importati solo se accompagnati da una dichiarazione della autorità giapponesi che attesti un contenuto di radionuclidi inferiore al livello massimo permesso nell'Ue, con riferimento specifico alla presenza di ^{131}I , al ^{134}Cs e al ^{137}Cs . Una volta giunti nella Ue, questi prodotti possono comunque essere sottoposti a controlli casuali a campione (deve essere controllato almeno il 10% delle merci). Gli alimenti e i mangimi che originano dalle altre 35 prefetture giapponesi, devono essere accompagnati da una dichiarazione che ne attesti la prefettura di origine e, una volta giunti in Ue, devono essere sottoposti a controlli casuali (deve essere controllato almeno il 20% delle merci). Queste misure per la sicurezza alimentare saranno riviste mese per mese.

Il quadro complessivo è pertanto estremamente rassicurante per i consumatori europei. È necessario però riflettere sul fatto che i livelli massimi ammissibili di radioattività negli alimenti sono stati stabiliti sulla base delle abitudini di consumo medie europee ed ipotizzando che il 10% degli alimenti origini dal territorio contaminato. È pertanto importante che il consumo di alimenti provenienti dalle zone investite dal fallout radioattivo avvenga in linea con le abitudini ed i livelli medi europei, in quanto l'adozione di diete o di comportamenti alimentari particolari richiederebbe specifiche valutazioni di rischio.

Nucleare, Il Parlamento europeo fissa i livelli massimi di radioattività

Il 15 febbraio, il Parlamento europeo ha adottato in seduta plenaria una risoluzione legislativa sulla "proposta di regolamento del Consiglio (Euratom), che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali, in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva (rifusione)" [COM(2010)184]. A ricordarci che gli incidenti sono possibili anche in Europa, con 195 impianti attivi (<http://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-europe.htm>) e che in tali situazioni bisogna essere preparati anche a valutare la sicurezza di alimenti e mangimi. In sintesi:

- In caso di incidente nucleare o emergenza radiologica, la Commissione adotta immediatamente una decisione – la cui validità non può essere superiore ai tre mesi – volta all'applicazione dei livelli massimi ammissibili di contaminazione, in conformità agli allegati del regolamento. La Commissione è assistita da un comitato di esperti scientifici indipendenti, competenti in materia di sanità pubblica e sicurezza alimentare [art. 2].
- La Commissione aggiorna gli allegati mediante atti delegati (da notificarsi al Parlamento europeo e al Consiglio, i quali possono sollevare obiezioni entro due mesi), tenendo conto di qualsiasi nuovo dato scientifico disponibile o, quando necessario, dopo un incidente nucleare o ogni altro caso di emergenza radiologica [art. 3-6]. La delega è conferita alla Commissione per un periodo di cinque anni, la Commissione lo notifica simultaneamente al [art. 4].
- I prodotti alimentari o gli alimenti per animali non conformi ai livelli massimi ammissibili definiti ai sensi dell'articolo 2 non possono venire immessi sul mercato. Il regolamento si applica anche ai prodotti alimentari e mangimi importati da Paesi terzi, in transito doganale o destinati all'esportazione. Gli Stati membri verificano la conformità con i livelli massimi ammissibili di contaminazione radioattiva. A tal fine, organizzano un sistema di controlli ufficiali dei prodotti alimentari e degli alimenti per animali, nonché la comunicazione al pubblico, in conformità dell'articolo 17 del regolamento CE 178/2002 [art. 7].

Entro marzo 2012 la Commissione dovrà presentare al Parlamento europeo e al Consiglio:

- una relazione sull'adeguatezza di un meccanismo per indennizzare gli agricoltori i cui prodotti alimentari siano stati contaminati oltre i livelli massimi ammissibili stabiliti e non possano quindi essere immessi sul mercato. Tale meccanismo dovrebbe essere basato sul principio "chi inquina paga" [art. 8];
- una relazione sull'adeguatezza dei livelli massimi ammissibili di contaminazione radioattiva, figuranti agli allegati I e III, e sull'opportunità di mantenere l'elenco degli alimenti secondari figurante all'allegato II [art. 9].

Dario Dongo

to di numerosi meccanismi, quali: la risospensione per effetto del vento, il lavaggio della pioggia sui vegetali, la volatilizzazione e l'evaporazione dei radionuclidi, la crescita della pianta.

I radionuclidi a vita media lunga rimangono comunque nell'ambiente per decenni o più e possono contaminare l'intera catena alimentare (vegetali → erbivori → carnivori) ed anche quando le sostanze organiche alla fine della catena alimentare vengono decomposte in sali minerali, i radionuclidi possono essere riutilizzati dai vegetali e rientrare quindi parzialmente in circolo.

I radionuclidi possono venire trasferiti direttamente agli animali che consumano il fogliame contaminato anche senza penetrare all'interno dei tessuti vegetali.

Nel trasporto della radioattività all'uomo lungo le catene alimentari si deve tener conto di diversi fattori, tra cui la fisiologia dei vegetali e degli animali, che può intervenire nei processi di assorbimento con fenomeni di esclusione o di concentrazione di radionuclidi. In ogni ecosistema i radionuclidi che entrano nelle catene alimentari vengono trasportati e riciclati con le stesse modalità dei corrispondenti elementi stabili e/o simili nel comportamento biogeochimico. Per prevenire l'assorbimento di ¹³¹I viene ad esempio somministrato – prima dell'esposizione – l'isotopo stabile (¹²⁹I) in dosaggi tali da competere efficacemente con il radioisotopo (¹³¹I).

Il Cs ha un comportamento chimico simile a quello degli altri metalli alcalini (ad esempio, Na, K) e lo Sr ha un comportamento simile a quello degli altri metalli alcalino-terrosi (ad esempio, Ca, Mg). Pertanto il Cs, analogamente al K, viene traslocato rapidamente negli organismi vege-

tali e negli animali, una volta assorbito a livello intestinale, si diffonde in tutti i tessuti con accumulo nei muscoli; lo Sr, in analogia con il Ca, tende ad accumularsi nelle ossa.

Queste analogie nel comportamento chimico fanno sì che la presenza di alcuni elementi negli organismi (vegetali o animali) possa modificare il tasso di penetrazione di alcuni radionuclidi. Nel valutare i meccanismi di diffusione e mobilitazione dei radionuclidi depositati al suolo con il fallout, bisogna considerare che in seguito ad incendi anche i radionuclidi assorbiti dalle piante e dal suolo possono essere nuovamente "liberati" e mobilitati, con possibilità di trasporto anche a lunga distanza soprattutto nel caso degli incendi che interessano grandi masse boschive. Il fallout radioattivo può riguardare anche le acque superficiali.

L'ingresso dei radionuclidi nella catena alimentare può in questo caso avvenire sia direttamente per ingestione di acqua contaminata, sia per assorbimento negli organismi acquatici. La contaminazione dei corpi idrici con radionuclidi a vita media breve (^{131}I) riguarda soltanto le prime settimane dal fallout, mentre i problemi di contaminazione a lungo termine (per decenni) riguardano prevalentemente il ^{137}Cs e coinvolgono soprattutto i laghi chiusi e i bacini caratterizzati da scarso rimescolamento (fiumi a corrente lenta).

La dose assunta dall'uomo per ingestione di pesci è determinata principalmente dalla presenza di ^{137}Cs . Infatti i livelli di ^{90}Sr nei pesci risultano generalmente non significativi rispetto a quelli di radiocesio per il minor fallout e la minor tendenza al bioaccumulo, ma soprattutto per il fatto che lo ^{90}Sr viene accumulato nel tessuto osseo anziché nel tessuto muscolare (parte edibile). Alcuni organismi acquatici possono concentrare i radionuclidi nei loro tessuti anche di diversi ordini di grandezza, ragion per cui è anche possibile riscontrare una fauna ittica con livelli di radionuclidi superiori a quelli consentiti in acque con un basso contenuto di radionuclidi. È importante pertanto monitorare non soltanto la radioattività delle acque, ma anche il contenuto di radionuclidi in determinate specie da utilizzare come indicatori. Infine, bisogna considerare che la contaminazione delle acque (sia superficiali che profonde) rappresenta una via di ingresso dei radionuclidi nelle specie vegetali in seguito ad un loro utilizzo a fini irrigui.

La misurazione degli effetti delle radiazioni

La grandezza che descrive gli effetti delle radiazioni ionizzanti sugli organismi viventi è la dose,

Tabella 1
Caratteristiche dei radionuclidi

Radionuclide	Emivita fisica ($T_{1/2}$)	Emivita efficace ($T_{1/2}$)*		Organi e tessuti di accumulo	Principali vie d'ingresso nell'alimentazione
		uomo	vegetali		
^{131}I	8.0 giorni	7.7 giorni	4 giorni	tiroide	verdura, carne (animali da pascolo), latte
^{134}Cs	2.0 anni	80 giorni	1-2 anni	muscoli, fegato, milza	frutta, verdura, carne, pesce, latte
^{137}Cs	30.2 anni	90 giorni	2-6 anni	muscoli, fegato, milza	frutta, verdura, carne, pesce, latte
^{90}Sr	28.9 anni	17 anni	4-13 anni	ossa, denti	latte

* combinazione di emivita fisica ed emivita biologica

Tabella 2
Livelli massimi ammissibili per i prodotti alimentari e gli alimenti per animali¹ (Bq/kg)

	Prodotti alimentari				
	Alimenti per lattanti	Prodotti lattiero-caseari	Altri prodotti alimentari esclusi quelli secondari	Prodotti secondari ¹	Alimenti liquidi
Isotopi dello stronzio, in particolare ⁹⁰ Sr	75	125	750	7500	125
Isotopi dello iodio, in particolare ¹³¹ I	150	500	2000	20000	500
Isotopi del plutonio e di elementi trasplutonici che emettono radiazioni alfa, in particolare ²³⁹ Pu e ²⁴¹ Am	1	20	80	800	20
Tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni, in particolare ¹³⁴ Cs e ¹³⁷ Cs	400	1000	1250	12500	1000

¹ COM(2010)184 definitivo 2010/0098 (CNS), del 24 aprile 2010. Proposta di regolamento (EURATOM) del Consiglio, che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva (rifusione).

ossia la quantità di energia depositata dalla radiazione ionizzante in un determinato volume, e l'unità di misura è il Sievert (Sv), pari a 1 J/kg. La dose di radioattività ricevuta da un organo dipende non solo dall'intensità, dal tipo di radiazione e dallo specifico radionuclide, ma anche dalla massa dell'organo stesso, dalla sua capacità di concentrare la sostanza radioattiva e dal tempo di permanenza della sostanza radioattiva al suo interno (emivita biologica). A parità di radioattività trattenuta, la quantità di dose è infatti inversamente proporzionale alla sua massa. Ciò comporta ad esempio che le tiroidi di minori dimensioni ricevono in proporzione maggiori quantità di dose (effetto da considerare attentamente anche perché le tiroidi dei bambini sono, per motivi fisiologici, capaci di concentrare maggiori quantità di iodio). Nella *Tabella 1*, pagina 21, si riportano – per al-

cuni radionuclidi – dati riguardanti: le vie d'ingresso attraverso la dieta, gli organi ed i tessuti in cui si accumulano, l'emivita fisica (data dal decadimento radioattivo) ed una stima dell'emivita efficace (combinazione dell'emivita fisica e dell'emivita biologica). Per valutare l'effetto nocivo complessivo dei diversi tipi di radiazioni ionizzanti che possono investire in maniera disomogenea i diversi organi e tener conto della loro differente radiosensibilità, viene utilizzata la dose efficace, per il calcolo della quale sono stati stabiliti per i vari radionuclidi specifici coefficienti di conversione Sv/Bq. I danni che possono derivare dall'assunzione di radionuclidi attraverso la dieta sono di tipo stocastico (sia somatici tardivi che genetici), ossia di natura probabilistica. Per questo tipo di effetti non è dimostrato un valore di soglia al di sotto del quale non si manife-

Ministero Salute: rafforzati i controlli su import dal Giappone

Successivamente all'incidente alla centrale nucleare di Fukushima in Giappone, verificatosi lo scorso 11 marzo a seguito del terremoto di Sendai, il ministero della Salute italiano ha assicurato che non c'è nessun pericolo per l'Italia.

Gli unici rischi teorici potrebbero venire dai prodotti alimentari importati dal Giappone. Per questo il ministero ha disposto l'aumento dei controlli su questi prodotti (soprattutto pesci, crostacei, caviale, soia, alghe, tè verde) confezionati dopo l'11 marzo. Il ministero ha infatti emanato in via cautelativa un provvedimento che prevede il rafforzamento dei controlli alle frontiere da parte dei PIF (Posti di Ispezione Frontaliera) e degli Usmaf (Uffici di Sanità Marittima, Area e di Frontiera) sui prodotti di origine animale e non animale provenienti dalle aree colpite.

Il provvedimento prevede, in particolare, che tutti i prodotti provenienti dal Giappone possano essere importati solo se provvisti di documentazione che comprovi che produzione e confezionamento siano avvenuti in data antecedente all'11 marzo 2011. In assenza di tale condizione, o nel caso di alimenti prodotti successivamente, l'importazione potrà essere consentita solo dopo aver superato uno specifico controllo per la ricerca di radionuclidi.

I costi e le spese per le attività di controllo saranno a totale carico dell'importatore ed i controlli dovranno essere effettuati dagli Istituti Zooprofilattici Sperimentali della Puglia e della Basilicata e delle Regioni Lazio e Toscana.

Le importazioni dal Giappone di alimenti di origine animale, ricorda il ministero sul suo sito web, sono limitate a poche categorie merceologiche, costituite in particolare da prodotti della pesca e dell'acquacoltura, che rappresentano una percentuale minima rispetto al totale delle importazioni da Paesi terzi.

stano e la dose di radiazioni ricevuta non influenza la gravità della patologia, ma solo la probabilità che si manifesti. All'aumentare delle esposizioni durante la vita, le probabilità si sommano. La probabilità di sviluppare una neoplasia (tipico effetto somatico stocastico) nel corso della vita è stimata intorno al 5% per ogni Sievert ricevuto.

I livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari (*Tabella 2*) e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare, sono stati stabiliti¹ sulla base del limite per la dose efficace per la popolazione di 1 mSv per 1 anno (fissati dal d.lgs. 230/1995 e s.m.i.).

L'unità UTAGRI dell'ENEA

Le attività dell'Unità Tecnica "Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agro-Industriale" (UTAGRI) dell'ENEA si caratterizzano per l'approccio multisettoriale su agricoltura, ambiente, industria e multidisciplinare per l'innovazione tecnologica, la sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica. Tale approccio consente di coniugare la promozione dello sviluppo industriale e della competitività delle produzioni alimentari con la gestione sostenibile degli agro-ecosistemi e le azioni a sostegno della salute e della sicurezza dei consumatori.

Per approfondimenti, <http://lutagri.enea.it>

La determinazione dei radionuclidi

La determinazione dei radionuclidi nelle varie matrici ambientali e alimentari può essere effettuata con metodi spettrometrici o radiometrici.

Il Centro di Riferenza Nazionale (CRN) per la ricerca della radioattività nel settore zootecnico-veterinario è il CRN presso l'IZS Puglia e Basilicata. La guida tecnica sulle Misure di radioattività ambientale elaborata dal Centro tematico nazionale degli agenti fisici di ISPRA (RTI CTN_AGF 2/2002), insieme ai metodi sviluppati dalla commissione tecnica Energia Nucleare dell'UNI (elencati nella *Tabella 3*) rappresentano i principali riferimenti per i laboratori. Si segnala, inoltre, una rassegna elaborata dal CNT_AGF e pubblicata nel 2006 sui metodi di misura dei radionuclidi di maggior interesse radioprotezionistico (AGF-T GTE-03-01).

In linea generale per i radionuclidi γ -emittenti (ad esempio, radioisotopi del Cs e dello I) è possibile impiegare la spettrometria γ , che per molte matrici può essere eseguita sul campione tal quale (ad esempio, acqua, latte) o previa semplice omogeneizzazione (ad esempio, frutta, verdura).

Per la determinazione di α o β -emittenti (ad esempio, radioisotopi del Pu e dello Sr) è necessario invece utilizzare laboriose procedure radiochimiche di pretrattamento prima della fase di conteggio.

Tabella 3
La misura della radioattività ambientale

Matrice	Parametri	Tecnica/metodo	Norma
Alimenti	Alimenti vari (vegetali, funghi, carni, latticini, etc.) escluso il latte	γ emettitori	UNI 10136:1992
		^{90}Sr	Separazione radiochimica + conteggio β
	Latte	Radionuclidi vari	UNI 9882:1991
		^{90}Sr e ^{89}Sr	Metodo rapido (separazione per complessazione)
		^{137}Cs	Spettrometria γ
Acqua	Attività α e β totale	Scintillazione liquida	UNI 260:2008
	^3H	Scintillazione liquida	UNI ISO 9698:1989
Suolo		^{90}Sr	Separazione radiochimica + conteggio β
		^{137}Cs	Spettrometria γ
	Radionuclidi vari	Linee guida generali (incluso campionamento)	UNI ISO 18589-1:2007
	Isotopi α -emettitori del Pu	Lisciviazione acida a ricadere + separazione + spettrometria α	UNI 9778:1990
	^{241}Am	Lisciviazione acida a ricadere + separazione + spettrometria α	UNI 10137:1992

L'attività α e β totale, soprattutto in campioni acquosi, può essere invece facilmente misurata attraverso scintillazione liquida.

Una problematica di carattere generale riguarda l'estrazione dei radionuclidi da campioni complessi e difficilmente solubilizzabili (suoli, sostanze grasse), soprattutto in considerazione del fatto che le basse concentrazioni in gioco richiedono a volte il trattamento di grandi quantità di campione (ordine dei centinaia di grammi), con la conseguente impossibilità di utilizzare i sistemi convenzionali di mineralizzazione a microonde.

A tal fine sono stati sviluppati laboriosi, ma efficaci metodi di lisciviazione acida a ricadere, che permettono anche di concentrare utilmente i campioni da analizzare.

Si sottolinea, infine, l'affermazione negli ultimi anni di tecniche di misura basate sulla spettrometria di massa e la disponibilità di kit di reagenti (colonne preimpaccate, liquidi estraenti selettivi) specifici per l'isolamento di singoli radionuclidi che permettono di ridurre i tempi di analisi e di aumentare il grado d'automazione.