

“DOPO CHERNOBYL” GLI UCCELLI SI ADATTANO E SOPRAVVIVONO

UNO STUDIO PUBBLICATO A MAGGIO 2014 HA MOSTRATO CHE ALCUNE SPECIE DI UCCELLI HANNO UNA CAPACITÀ DI ADATTAMENTO FISIOLÓGICO CHE CONSENTE LORO DI SOPRAVVIVERE IN CONDIZIONI AMBIENTALI PARTICOLARMENTE SFAVOREVOLI, COME NELL'AREA DI CHERNOBYL, COLPITA DAL FORTE RILASCIO DI RADIAZIONI IONIZZANTI DEL 1986.

Nel mese di maggio di quest'anno, grande enfasi è stata data dalla stampa nazionale e internazionale a un articolo relativo alla capacità di adattamento osservata su alcune specie di uccelli nella zona di Chernobyl (1). Al di là delle più svariate interpretazioni che si ritrovano sulla stampa, si tratta di un lavoro di grande interesse e portata scientifica. L'incidente di Chernobyl (26 aprile 1986) fu la conseguenza di un test sperimentale eseguito sull'impianto per verificare l'efficienza della produzione di corrente elettrica in caso di black out. In sostanza, si verificò un improvviso aumento di temperatura nel reattore ad acqua pressurizzata, con vaporizzazione ed esplosione che distrusse parte del reattore e dell'edificio di contenimento. Le radiazioni ionizzanti sono costituite da particelle in grado di liberare elettroni da atomi o molecole e creare, quindi, specie chimiche parzialmente ridotte. Quando le radiazioni ionizzanti attraversano una cellula perdono energia producendo coppie di ioni, che spesso danneggiano i legami chimici di molecole cellulari, quali il Dna. A questo livello, il danno può essere causato dalla ionizzazione diretta del Dna (effetto diretto) oppure le radiazioni possono ionizzare altre molecole associate, idrogeno o ossigeno, formando radicali liberi, che danneggiano il Dna (effetto indiretto). La percentuale di danno diretto è pari a circa il 35%, mentre per il danno indiretto è di circa il 65% (2). I radicali liberi più comunemente prodotti dalle radiazioni ionizzanti sono le specie reattive dell'ossigeno (Ros), coinvolte in

reazioni a catena potenzialmente dannose per le cellule (3).

Per contrastare l'azione dei Ros, che sono costantemente prodotti anche dal metabolismo cellulare, gli organismi viventi hanno sviluppato una serie di composti antiossidanti, tra cui il più importante è il glutatione (Gsh). Tuttavia, quando i livelli di antiossidanti sono al di sotto della quantità necessaria per contrastare i Ros, si sviluppa stress ossidativo (4). Essendo un importante sorgente di Ros, le radiazioni ionizzanti possono avere un profondo impatto sugli organismi.

Incidenti a impianti nucleari quali quello verificatosi a Chernobyl e nel 2011 a Fukushima hanno conseguenze ambientali catastrofiche e rappresentano un'opportunità per esperimenti “involontari” sugli effetti delle radiazioni ionizzanti nelle popolazioni selvatiche. A Chernobyl, le radiazioni hanno indotto stress ossidativo e riduzione dei livelli di antiossidanti sia nell'uomo (5,6) che in altre specie animali (7,8) e causato alterazioni a livello di numero, distribuzione, ciclo di vita e frequenza di mutazioni di piante e animali (9). I primi effetti sul numero di animali sono già stati osservati anche a Fukushima (10,11).

A Chernobyl, studi precedenti hanno riportato una chiara associazione tra livello di radiazioni e livello di danno cellulare (12-16) e di altre alterazioni fisiologiche indotte da Ros, quali riduzione delle dimensioni del cervello e cataratta (17). E sempre a Chernobyl, in due specie di uccelli i livelli di antiossidanti risultavano ridotti e il danno ossidativo incrementato (7,8,15,16). Tuttavia, il recentissimo studio in oggetto, condotto a Chernobyl su ben 16 specie di uccelli filogeneticamente distanti, ha dimostrato un aumento del livello di antiossidanti, un miglioramento delle loro condizioni di salute e una riduzione dei livelli di stress ossidativo e di danno al Dna (1). Sebbene sorprendenti in



FOTO: J000 - CC BY-SA 3.0

1

quanto mai rilevati prima in quell'area, questi risultati indicano che un organismo può sviluppare nel tempo una sorta di adattamento fisiologico a basse dosi di radiazioni, portando così a un recupero dello stato ossidativo. Ciò viene definito in tossicologia *ormesi*, cioè una risposta bifasica dose-dipendente, caratterizzata, per le radiazioni, da effetti benefici a basse dosi e tossici ad alte dosi. L'entità degli effetti indotti da radiazioni è, quindi, fortemente dipendente dall'ampiezza della dose. Ciò significa che è la dose a determinare la capacità di adattamento di un organismo. La contaminazione radioattiva e il tempo relativamente lungo trascorso dall'incidente (28 anni) rendono Chernobyl uno scenario estremamente interessante per esplorare i possibili meccanismi adattativi alle radiazioni ionizzanti sviluppati dagli

1 Un frosone (*Coccothraustes coccothraustes*), uno degli esemplari di uccelli studiati a Chernobyl.

2 La centrale di Chernobyl nel giugno 2013. A sinistra, l'arco in costruzione della nuova struttura di contenimento di sicurezza, che andrà a sostituire l'attuale sarcofago.

organismi che popolano quell'area. E infatti, altre considerazioni estremamente interessanti sono emerse dallo studio. Nell'ambito delle 16 specie di uccelli analizzate, è stata osservata una sorta di "plasticità fisiologica" e, quindi, una capacità adattativa differente. Un ruolo chiave in questo contesto è giocato dalla produzione di melanina, il più diffuso pigmento animale, che può esistere nella forma di feomelanina o eumelanina. Questi pigmenti sono normalmente presenti entrambi nelle piume, ma conferiscono colorazioni differenti a seconda della loro abbondanza: piume nere e grigie indicano una prevalenza di eumelanina, mentre quelle rosso-brune e marroni di feomelanina (18). A Chernobyl è stato verificato che uccelli con un colore di piume marrone o rosso-bruno sono più suscettibili agli effetti negativi delle radiazioni e hanno, quindi, una capacità adattativa limitata (1,18). Il meccanismo alla base di questa osservazione risiederebbe nel diverso percorso sintetico della feomelanina rispetto all'eumelanina. Le feomelanine originano nei melanociti cutanei da una deviazione della via biosintetica delle eumelanine, il gruppo maggiormente diffuso di pigmenti. In tale via metabolica, è richiesto l'utilizzo di Gsh, che rappresenta uno degli antiossidanti a livello cellulare più sensibile alle radiazioni. La sintesi di feomelanina comporta, quindi, il consumo di una risorsa antiossidante importantissima in quanto il Gsh, una volta incorporato nella struttura della melanina che, a sua volta, si deposita in strutture tegumentarie come le piume, non è più in grado di svolgere il suo ruolo di antiossidante. A

conferma di ciò, il consumo di Gsh per la produzione di feomelanina è associato ad aumento dello stress ossidativo, danno al Dna e peggiori condizioni di salute negli uccelli (1). La sintesi di feomelanina ha, quindi, un costo fisiologico rilevante per gli organismi e rappresenta un ostacolo all'adattamento a condizioni ambientali sfavorevoli.

Lo studio ha anche evidenziato però che le radiazioni sono in grado di ridurre un altro potenziale costo della feomelanina, cioè la sua tendenza a produrre radicali liberi quando esposta a radiazioni. Infatti, esse inducono nel piumaggio degli uccelli una variazione verso la produzione di forme di feomelanina più stabili all'ossidazione (1).

Perché gli studi precedenti condotti a Chernobyl non hanno evidenziato effetti simili? Le ragioni possono essere varie: tutte le analisi precedenti sono state condotte su un numero molto limitato di specie, in alcuni casi solo una; la suscettibilità agli effetti tossici delle radiazioni varia ampiamente tra le diverse specie. Di conseguenza, solo studi comparativi, che prevedono l'analisi di più specie (come nello studio in oggetto), possono rappresentare una soluzione a queste limitazioni e fornire informazioni significative sul potenziale ruolo del radioadattamento nell'evoluzione degli organismi.

In conclusione, la risposta adattativa di una specie ha un'importanza cruciale nel determinare la sua capacità di evolvere verso forme di adattamento fisiologico che le consentano di sopravvivere in condizioni ambientali particolarmente sfavorevoli, quali Chernobyl in un passato non troppo lontano e Fukushima oggi.

È possibile ipotizzare che negli uccelli si sia verificata una forma di selezione. Le radiazioni, infatti, costituiscono una forte pressione selettiva, che porta alla sopravvivenza differenziale di quegli individui in grado di risponderci. Si può inoltre ragionevolmente presumere che i cambiamenti nella risposta siano sostenuti da basi genetiche.

Davide Manucra

Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. *Funct Ecol*, 2014, doi: 10.1111/1365-2435.12283
2. *Int J Radiat Biol*, 24: 533, 1973
3. *Int J Radiat Biol*, 65: 27, 1994
4. *Nature*, 408: 239, 2000
5. *Biochemistry*, 63: 977, 1998
6. *J Cancer*, 86: 790, 2000
7. *P Roy Soc Lond B Bio*, 272: 247, 2005
8. *J Comp Phys B*, 178: 735, 2008
9. *Trends Ecol Evol*, 21: 200, 2006
10. *PLoS One*, 7: e35223, 2012
11. *Biol Rev*, 88: 226, 2013
12. *Environ Toxicol Chem*, 15: 1057, 1996
13. *Environ Mol Mutagen*, 30: 112, 1997
14. *Exp Hematol*, 35: 55, 2007
15. *Comp Biochem Phys A*, 151: 271, 2010
16. *Comp Biochem Phys A*, 159: 105, 2011
17. *PLoS One*, 8: e66939, 2013
18. *Oecologia*, 165: 827, 2011



FOTO: INGMAR RUNGE - CC