

Ernesto Pascotto, Martina Maset, Paolo Tomè

ASPETTI TOSSICOLOGICI ED EPIDEMIOLOGICI DELL'AVVELENAMENTO DA RODENTICIDI NEGLI STRIGIFORMI (STRIGIFORMES) E POSSIBILI RISVOLTI GESTIONALI

Riassunto. I rodenticidi anticoagulanti vengono ampiamente utilizzati in ambito urbano (piani di controllo di *Rattus* sp. e *Mus* spp.) ed in ambito agricolo attraverso esche topicide. Tuttavia, nonostante il loro utilizzo sia frequente, i dati di distribuzione sul territorio, nazionale ed internazionale, appaiono piuttosto lacunosi, così come quelli relativi all'uso dei diversi principi attivi contenuti nelle esche. Il presente lavoro, di carattere prevalentemente bibliografico, analizza i dati relativi l'assorbimento, il metabolismo e l'escrezione dei rodenticidi negli Strigiformi e nelle prede e stima, in funzione del principio attivo, le dosi-preda letali. Infine vengono presi in considerazione e discussi i dati epidemiologici presenti in letteratura e rapportati con le altre cause di mortalità. L'utilizzo dei rodenticidi va ad interferire con la sopravvivenza di numerose specie animali, sia selvatiche che domestiche, sia attraverso il consumo diretto di esche, sia attraverso l'avvelenamento secondario. L'analisi relativa alle cause di mortalità nell'avifauna, ed in particolar modo nei rapaci notturni, denota una netta carenza di informazioni, dovuta anche alla difficile rintracciabilità delle carcasse dei soggetti morti per avvelenamento. Prendendo invece in considerazione i monitoraggi tossicologici, la presenza dei rodenticidi nelle carcasse appare estremamente diffusa, frequente e talora preoccupante. Dall'analisi sull'alimentazione degli Strigiformi emerge che, pur con differenze legate alle specie esaminate, all'habitat ed al periodo dell'anno in cui si attuano i rilievi, Microtini e Murini (ed in particolari circostanze *Rattus* sp.) rappresentano la principale quota predata. Appare evidente una netta sovrapposizione tra i bersagli dei rodenticidi e le specie predate dagli Strigiformi, in particolare *Strix aluco* e *Tyto alba*. Sotto il profilo tossicologico, nell'ambiente rurale ed urbano, le carcasse delle possibili prede dei rapaci notturni possono presentare concentrazioni elevate e persistenti (fino a sei mesi) di raticidi anticoagulanti, tali da rappresentare un rischio di avvelenamento secondario. Dall'analisi dei dati raccolti, alcune tipologie di rodenticida, in particolare Brodifacoum e Difethialone, si rivelano particolarmente pericolose ed, in taluni casi, anche porzioni di prede possono uccidere il predatore. Le derattizzazioni attualmente eseguite da molte amministrazioni e privati non sembrano considerare il possibile impatto di queste molecole nei predatori di micromammiferi, elemento fondamentale in un'ottica di sostenibilità ambientale dell'intervento.

Summary. *Toxicological and epidemiological aspects of rodenticide poisoning in nocturnal raptors (Strigiformes) and possible management implications.*

Anticoagulant rodenticides are widely used in mouse-baits (control plans of *Rattus* spp. and *Mus* spp.), in both urban and agricultural environments. Nevertheless, information about the spread of their usage in Italy is lacking. This work is a systematic review (including some meta-analysis aspects) of the available data concerning absorption, metabolism and excretion of rodenticides in Strigiformes and their preys; it is also estimated the "lethal prey number" (number of preys able to kill a predator) according to the chemical compound used. The use of rodenticides interferes with the survival of many animal species through direct consumption of baits or secondary poisoning. The analysis of mortality causes in the avifauna, particularly in nocturnal raptors, shows a clear lack of information due to the low detectability of carcasses killed by poisoning. Through toxicological surveys, however, the presence of rodenticides in carcasses of Strigiformes appears extremely widespread. Diet analysis in strigiforms shows that *Microtus* sp. and *Mus* sp. (and in particular circumstances *Rattus* sp. as well) represents the main

prey quotas. Therefore, it appears evident a clear overlap between the target of rodenticides and many preys of nocturnal raptors, particularly *Strix aluco* and *Tyto alba*. From the toxicological point of view, carcasses of strigiform preys may have high and persistent (up to six months) concentrations of anticoagulant rodenticides. The analysis of collected data revealed that some type of rodenticides, in particular Brodifacoum and Difethialone, are especially dangerous and, in some cases, even portions of a prey can kill the predator. Pest-control operations, currently performed by many public administrations and private citizens, do not seem to take in account the possible impact of these molecules on the predators of micromammals.

INTRODUZIONE

I rodenticidi hanno fatto la loro comparsa nella seconda metà degli anni quaranta del secolo scorso con la produzione della prima generazione di idrossicumarinici (tra i quali il conosciuto Warfarin), sostituiti poi, negli anni settanta, dalla seconda generazione di rodenticidi (Brodifacoum, Bromadiolone, Difenacoum) in seguito allo sviluppo di resistenza da parte dei roditori (WHO, 1995).

I rodenticidi anticoagulanti vengono ampiamente utilizzati in ambito urbano (piani di controllo di *Rattus* sp. e *Mus* spp.) ed in ambito agricolo, attraverso la messa in campo di esche topicide. Tuttavia, nonostante il loro utilizzo sia frequente, i dati di distribuzione sul territorio, nazionale ed internazionale, appaiono piuttosto lacunosi, così come quelli relativi all'uso dei diversi principi attivi contenuti nelle esche (GEMMEKE, 1996; ENDEPOLS & KLEMMANN, 2004).

L'utilizzo dei rodenticidi va ad interferire con la sopravvivenza di numerose specie animali non obbiettivo dei piani di controllo, sia selvatiche che domestiche. Questo avviene sia attraverso il consumo diretto di esche (avvelenamento primario, soprattutto in specie onnivore) sia, più spesso, attraverso predazione o necrofagia su animali avvelenati (avvelenamento secondario). Alcuni autori suggeriscono inoltre, per alcune molecole (es. Brodifacoum), la possibilità di interessamento più ampio della catena trofica con avvelenamenti terziari, problematica che potrebbe interessare anche l'uomo (EASON et al., 1999).

Numerosi autori hanno indagato sulle problematiche connesse all'avvelenamento della fauna domestica e selvatica: BERNY et al., 1997 (*Vulpes vulpes* e *Buteo buteo*), SHORE et al., 1999 (*Mustela putorius*, *Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Mustela vison*, *Tyto alba* e *Vulpes vulpes*), STONE et al., 1999 (specie principali analizzate: *Haliaeetus leucocephalus*, *Bubo virginianus*, *Buteo jamaicensis*, *Sciurus carolinensis*, *Procyon lotor*, *Odocoileus virginianus*), HUNTER et al., 2000 (cane, gatto, *Vulpes vulpes*, *Columba* sp., *Larus* sp., *Buteo* sp., *Aquila* sp., *Falco* sp., *Corvus* sp., *Strix aluco*, *Tyto alba*), ARJO & BRYSON, 2007 (*Spermophilus lateralis*, *Mustela frenata*, *Neotoma* sp., *Erethizon dorsatum*, *Sylvilagus* sp., *Spilogale gracilis*, *Thomomys* spp., *Aplodontia rufa*, *Mustela vison*, *Strix occidentalis caurina*) e altri.

Appare indispensabile valutare il possibile impatto dei rodenticidi nei confronti delle specie che in natura partecipano di più, attraverso la predazione, al contenimento numerico dei roditori cosiddetti "pest". Nello specifico gli Strigiformi, oltre che specie di grande importanza conservazionistica, rientrano a pieno titolo nella categoria soprascritta.

Molti autori hanno sottolineato la necessità di indagare sull'impatto dei rodenticidi nei confronti dei rapaci notturni (NEWTON et al., 1990; NEWTON

et al., 1997 fide DUNCAN et al., 1997; SHORE et al., 1999; ERICKSON & URBAN, 2004) e, secondo ALBERT et al. (2009), i rodenticidi anticoagulanti vanno considerati come uno dei principali fattori limitanti le popolazioni di barbogianni (*Tyto alba*) in Canada.

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di raccogliere e discutere le informazioni presenti in letteratura concernenti l'impatto dimostrato e potenziale dei rodenticidi sulle popolazioni di Strigiformi e di valutare le possibili implicazioni gestionali.

Allo scopo soprascritto sono perciò analizzati i dati relativi l'assorbimento, il metabolismo, l'escrezione e le dosi letali dei rodenticidi negli Strigiformi. Dai dati tossicologici e biologici sono stimate, in funzione del principio attivo e della preda, le dosi letali di avvelenamenti secondari espresse in numero di prede. Infine sono presi in considerazione e discussi i dati epidemiologici presenti in letteratura e confrontati con le altre cause di mortalità.

MATERIALI E METODI

Il presente contributo, parzialmente ascrivibile ad una "revisione sistematica", si basa esclusivamente sull'analisi di materiale bibliografico (pubblicazioni di riviste scientifiche, atti di congressi, relazioni di enti di protezione ambientale, atlanti ornitologici, guide ornitologiche e materiale digitale). La ricerca per "abstract" è stata effettuata usufruendo dei motori di ricerca: CAB Direct (© CAB International 2009), WEB of science (Copyright © 2009 Thomson Reuters) e PUDMED (© PMC 2009). Sono stati inoltre utilizzati i motori di ricerca delle case editrici dei periodici: "Elsevier" (© 2009 Elsevier B.V), Springerlink (© 2009 Springer). La ricerca è stata inoltre integrata attraverso l'utilizzo del motore di ricerca web: Google (© 2009 Google). Le parole chiave e gli operatori logici utilizzati sono riportati nella tabella 1.

Tab. 1. Parole chiave ed operatori logici utilizzati nella ricerca bibliografica.

OR		OR
Aegolius funereus, Asio flammeus, Asio otus, Athene noctua, Bubo scandiacus, Bubo bubo, Glaucidium passerinum, Otus scops, Strix aluco, Strix uralensis, Surnia ulula, Tyto alba, Strigidae, Strix	AND	Poisoning, Toxic, Poison

Al fine di ottenere indicazioni concernenti la sovrapposizione della nicchia trofica degli Strigiformi italiani con le specie target delle derattizzazioni, una ricerca mirata è stata effettuata con le parole chiave sotto riportate (tab. 2) ed i risultati sono stati poi espressi come medie ponderate (per il numero di campioni analizzati nei diversi studi) confrontate per ambienti simili.

Tab. 2. Parole chiave ed operatori logici utilizzati nell'analisi della sovrapposizione della nicchia trofica degli Strigiformi italiani con le specie target delle derattizzazioni.

OR		OR
Diet, Food habits	AND	Strix aluco, Glaucidium passerinum, Tyto alba, Otus

Per fornire qualche indicazione quantitativa sul rischio di avvelenamento secondario, si è definito un indicatore del numero di prede letali per principio attivo e per rapace notturno analizzato. La formula utilizzata è sotto riportata:

$$\frac{\text{DL50 (mg/Kg) del predatore X Peso predatore (Kg)}}{\text{Peso preda (Kg) X Residuo nella preda (mg/Kg)}}$$

dove per “DL50(mg/kg)” si intende la dose letale 50 espressa in mg/kg; per “Peso predatore (kg)” si intende il peso del predatore espresso in kg; per “Peso preda (kg)” si intende il peso della preda considerata espresso in kg; per “Residuo nella preda (mg/kg)” si intende la quantità di rodenticida anticoagulante riscontrata nelle carcasse delle prede, espressa in mg/kg.

RISULTATI

Sono state reperite 150 fonti bibliografiche coerenti con gli obiettivi della revisione, suddivise nelle seguenti categorie (fig. 1): avvelenamento nei rapaci (39%), cause di morte nei rapaci (26%), alimentazione degli Strigiformes (20%), biologia degli Strigiformes (8%), piani di salvaguardia mondiali (4%), distribuzione territoriale dei rodenticidi (2%), modelli matematici preda-predatore (1%).
Suddividendo ulteriormente gli articoli riguardanti l'avvelenamento nei rapaci, il 53% degli articoli presenta dirette implicazioni nella gestione dei rodenticidi, mentre il restante 47% si riferisce a pesticidi e metalli pesanti.

INQUADRAMENTO FONTI BIBLIOGRAFICHE

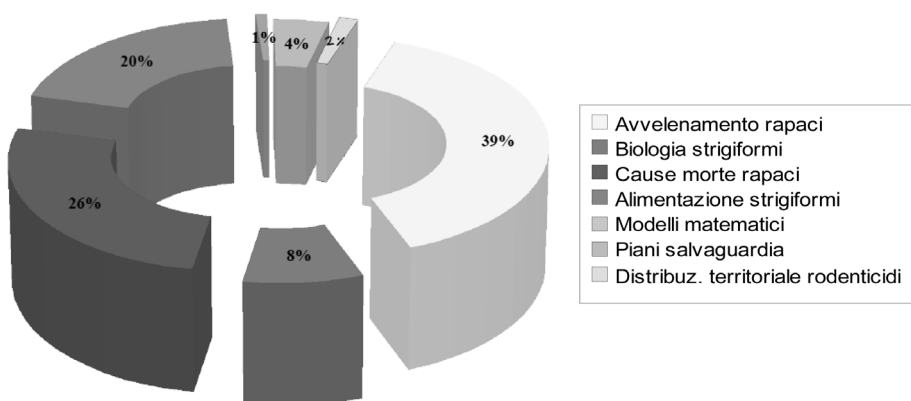


Fig. 1. Suddivisione in categorie delle fonti bibliografiche (n. 150).

Dall'analisi dei dati presenti in letteratura inerenti l'alimentazione degli Strigiformi, si evince come Microtini e Murini, specie target principali nelle derattizzazioni, rappresentino una quota molto importante della dieta di questi rapaci. In particolare, calcolando la media ponderata della percentuale di occorrenza di tali prede nelle borre, in alcuni importanti studi in letteratura, Microtini e Murini rappresentano quasi il 70% della dieta del gufo (UTTENDÖRFER, 1939 fide HERRERA & HIRALDO, 1976; HAGEN, 1965 fide HERRERA & HIRALDO, 1976; PLINI, 1986; MEZZAVILLA, 1993; MALAVASI et al., 1995; KIAT, 2004), circa il 50% della dieta del barbagianni (LANGE, 1948 fide OBUCH & KRIŠTÍN, 2004; BOHNSACK, 1966; FAIRLEY & CLARK, 1972; SAINT GIRONS & MARTIN, 1973; GLUE, 1974 fide CRAMP, 1998; BRUIJN, 1979; RUPRECHT, 1979; COLVIN & MCLEAN, 1986; DI RUSSO, 1987; MORICI, 2007) e della civetta (UTTENDÖRFER, 1939 fide HERRERA & HIRALDO, 1976; HAENSEL & WALTHER, 1966 fide OBUCH & KRIŠTÍN, 2004; THIOLLAY, 1968 fide HERRERA & HIRALDO, 1976; LOVARI, 1975; HERRERA & HIRALDO, 1976; LIBOIS, 1977; MÁÑEZ, 1983; MIKKOLA, 1983 fide CRAMP, 1998; ANGELICI et al., 1997; FATTORINI et al., 1999; DEBERNARDI & PATRIARCA, 2000; BON et al., 2001; GALUPPO & BORGIO, 2001; KIAT, 2004; OBUCH & KRIŠTÍN, 2004) ed il 40% della dieta nell'alocco (UTTENDÖRFER, 1939 fide HERRERA & HIRALDO, 1976; SOUTHERN, 1969 fide CRAMP, 1998; HERRERA & HIRALDO, 1976; ARCA, 1980; DEBERNARDI & PATRIARCA, 2000; GALUPPO & BORGIO, 2001).

Per quanto riguarda i dati epidemiologici inerenti le cause di mortalità nell'avifauna, ed in particolare nei rapaci, le informazioni sono piuttosto carenti ed influenzate dalla scarsa rintracciabilità delle carcasse vittime di avvelenamenti.

La prima causa di morte nei rapaci notturni, secondo l'analisi delle fonti bibliografiche, appare ascrivibile ai traumi (collisioni con autovetture, vetri di finestre, edifici) con una percentuale del 45%, il 13% della mortalità sembra determinata da abbandono dei giovani nidiacei, mentre ad intossicazione da rodenticidi, pesticidi ed altre sostanze tossiche viene attribuito l'11% della mortalità. Elettrocuzione, bracconaggio ed altre voci presentano un peso percentuale al di sotto del 10% (NEWTON et al., 1990; NEWTON et al., 1997 fide DUNCAN et al., 1997; DEEM et al., 1998; WILSON et al., 1998; MEEK et al., 2003).

I rodenticidi anticoagulanti sono facilmente assorbiti attraverso il tratto intestinale, la pelle ed il sistema respiratorio (WHO, 1995). Persistono a lungo nel sangue legandosi alle albumine. Considerando l'andamento temporale delle concentrazioni plasmatiche, si notano importanti variazioni dell'emivita plasmatica in funzione della classe di rodenticida: abbastanza breve (18-55 ore) nei rodenticidi anticoagulanti di prima generazione, decisamente più lunga (25-156 ore) nei rodenticidi anticoagulanti di seconda generazione (PYROLA, 1968; BELLEVILLE, 1981 fide EPA, 1998; BACHMAN & SULLIVAN, 1983; KAMIL, 1987; PARMAR et al., 1987; LECHEVIN & POCHE, 1988; HOLLINGER & PASTOOR, 1993; THACKER, 2001).

I valori di emivita epatica appaiono addirittura superiori: fino a 7-10 giorni per i rodenticidi anticoagulanti di prima generazione, fino a 200 giorni per quelli di seconda generazione. Tra i principi attivi le persistenze più lunghe si rilevano in particolare nel Difenacoum e nel Brodifacoum (BRATT & HUDSON, 1979;

BELLEVILLE, 1986 fide LECHEVIN & POCHE, 1988; BRATT, 1987; PARMAR et al., 1987; LECHEVIN & POCHE, 1988; HAWKINS et al., 1991 fide BRATT & HUDSON, 1979; THIJSSSEN, 1995; FISHER et al., 2003).

Prendendo in considerazione i dati riguardanti la DL50 (tab. 3), emergono notevoli variazioni in relazione al principio attivo ed alla specie animale considerati (*Colinus virginianus*: 154 mg/kg per Bromadiolone vs 0,16 mg/kg per Brodifacoum, nel *Tyto alba*).

Appare di conseguenza evidente come piccole porzioni di prede avvelenate da Brodifacoum possano essere potenzialmente letali per un barbagianni adulto.

Tra i rapaci notturni, solo nel barbagianni è stato possibile calcolare il “numero di prede letali” in funzione del principio attivo. I risultati di tale espressione quantitativa del rischio di intossicazione sono riportati nelle tabelle seguenti (tabb. 4-7).

Tab. 3. Dosi letali (DL50) sperimentali per somministrazione singola in ratto e topo. La DL50 nel barbagianni è riferita solo al Brodifacoum; per gli altri rodenticidi, a scopo di indagine preliminare, sono stati utilizzati i dati relativi ad altre specie di avifauna.

*specie considerata: *Anas platyrhynchos*; **specie considerata: *Colinus virginianus*; ^aASSISI, 2006; ^bHAGAN & RADOMSKI, 1953 fide STONE et al., 1999; ^cOSWEILER et al., 1985; ^eEPA, 1998; ^fHed opp/Hed Toxicity Database in ERICKSON & URBAN, 2004; ^gATTERBY et al., 2005; ^hNEWTON et al., 1990; ⁱERICKSON & URBAN, 2002; ^lHAYES & LAWS, 1990; ^mWATANABE et al., 2010; ⁿEPA, 2007.

	Categoria chimica	Anticoagulanti	DL50 mg/kg		
			Ratto	Topo	Barbagianni
Prima Generazione	Idrossicumarinici	Coumachlor	-	-	-
		Coumafuryl	-	-	-
		Coumatetralyl	-	-	-
		Warfarin	50-100 ^{a,b}	374 ^b	620 ^{i*}
	Indandioni	Clorofacinone	2 ^g ;10 ^g ; 3-11 ⁿ	1-17 ⁿ	258 ^{m**}
		Difacinone	1,50 ^e ;2-7 ⁿ	340 ^e	3158 ^h
Seconda Generazione	Idrossicumarinici	Brodifacoum	0,27 ^{a,c} ;0,41-0,56 ^e ;0,39 ^f ;0,4-0,6 ⁿ	0,4 ⁿ ; 0,40 ^e	0,16 ^h
		Bromadiolone	1,25 ^e ; 0,6-0,8 ⁿ	1,75 ^e ; 1,7 ⁿ	154 ^{m**}
		Difenacoum	1,8-2,6 ⁿ	0,8 ⁿ	66 ^{m**}
		Difethialone	0,3-0,8 ⁿ	0,5-1,3 ⁿ	0,26 ^{i**}
		Flocoumafen	-	-	-
	Indandioni	Pindone	-	-	-
		Valone	-	-	-

Tab. 4. Stima del numero di prede avvelenate da Brodifacoum necessarie a portare a morte un barbagianni (*Tyto alba*) di 320 g. La media delle dose letali è stata tratta da ERICKSON & URBAN, 2004; WHO, 1995; i residui delle carcasse sono stati tratti da: KAUKKINEN, 1993; HOWALD, 1997; ICI, 1979 fide ERICKSON E URBAN, 2004 per il ratto (200 g); NEWTON et al., 1990 e HOWALD et al., 2001 fide ERICKSON E URBAN, 2004 per il topo (20 g); MERSON et al., 1984 e KAUKKINEN 1982 per l'arvicola (120 g). *sd = deviazione standard

Brodifacoum				
Specie Predata	DL50 preda mg/kg	Residuo carcassa mg/kg	Min-max *sd	Numero prede letali
ratto	0,40	5,00	-	0,05
		2,70	(0,10-6,60)	0,09
		7,08	(3,92-9,17)	0,04
		5,61	(1,39-12,19)	0,04
topo	0,40	2,71	(0,68-4,25)	0,92
		2,21	-	1,13
		0,44	-	5,68
arvicola	0,20	0,53	± 0,24*	0,79
		0,40	± 0,20*	1,04
		0,35	± 0,03*	1,19
		4,07	± 0,20*	0,10
		2,07	± 0,17*	0,20
		5,21	± 2,06*	0,08
		2,17	± 1,17*	0,19

Tab. 5. Stima del numero di prede avvelenate con Difenacoum necessarie a portare a morte un barbagianni (*Tyto alba*) di 320 g. La media delle dose letali è tratta da ERICKSON & URBAN, 2004; WHO, 1995; EPA, 2007; i residui delle carcasse sono stati tratti da: ATTERBY et al., 2005 per il ratto (200 g).

Difenacoum			
Specie Predata	DL50 preda mg/kg	Residuo carcassa mg/kg	Numero prede letali
ratto	1,80	0,63	168
		0,55	192

Tab. 6. Stima del numero di prede avvelenate con Difethialone necessarie a portare a morte un barbagianni (*Tyto alba*) di 320 g. La media delle dose letali è stata tratta da ERICKSON & URBAN, 2004; WHO, 1995; EPA, 2007; i residui delle carcasse sono stati tratti da: GOLDADE et al., 2001 per il ratto (200 g). sd = deviazione standard

Difethialone				
Specie Predata	DL50 preda mg/kg	Residuo carcassa mg/kg	sd	Numero prede letali
ratto	0,55	2,00	±0,51	0,2

Tab. 7. Stima del numero di prede avvelenate da Bromadiolone necessarie a portare a morte un barbagianni (*Tyto alba*) di 320 g. La media delle dose letali è stata tratta da ERICKSON & URBAN, 2004; WHO, 1995; EPA, 2007; i residui delle carcasse sono stati tratti da: Poché, 1988 per il ratto (200 g) e per il topo (20 g); GROLEAU et al., 1989 e DELLEY & JOSEPH, 1985 per l'arvicola (120 g).

Bromadiolone				
Specie Predata	DL50 preda mg/kg	Residuo carcassa mg/kg	Min-max	Numero prede letali
ratto	0,70	2,08	-	121,54
		1,92	-	131,67
topo	1,75	2,29	-	1103,93
		1,17	-	2160,68
arvicola	3,90	6,60	(6,50-6,75)	63,84
		9,40	(8,70-10,90)	44,82
		5,80	-	72,64
		0,91	(0,05-2,97)	463,00
		0,11	(0,04-0,19)	3830,30

DISCUSSIONE

La bibliografia relativa all'impatto dei rodenticidi anticoagulanti appare ancora insufficiente, povera di informazioni epidemiologiche e particolarmente carente di dati di distribuzione territoriale di questi principi attivi.

La sovrapposizione tra la dieta di alcuni Strigiformi italiani e le specie colpite da interventi di controllo con rodenticidi anticoagulanti appare netta (in particolare nel barbagianni, nel gufo comune e nell'alocco). Tale evidenza, associata alla presenza di questi rapaci notturni in aree urbane, suburbane e agricole, giustifica il notevole rischio di avvelenamento secondario.

Le informazioni concernenti le cause di mortalità nell'avifauna, ed in particolar modo nei rapaci notturni, appaiono estremamente lacunose e pesantemente influenzate dalla scarsa "rintracciabilità" delle carcasse vittima di avvelenamenti. Questo è certamente l'elemento che giustifica le modeste percentuali di mortalità nei rapaci da rodenticidi rilevate da alcuni autori (WILSON et al., 1998; NEWTON et al., 1990; NEWTON et al., 1997 fide DUNCAN, 1997; DEEM et al., 1998; WENDELL et al., 2002; MEEK et al., 2003).

Se si considerano invece i monitoraggi tossicologici reperibili in letteratura, la presenza dei residui di rodenticidi nelle carcasse di rapaci notturni sembra estremamente diffusa, frequente e talora preoccupante e non può essere considerata priva di risvolti negativi sullo stato sanitario delle specie considerate.

Anche se i dati tossicologici sono ancora insufficienti e perlopiù riferiti alle specie domestiche, emergono amplissime variazioni di tossicità dei diversi principi attivi nei confronti delle specie selvatiche. Tra le molecole analizzate, Brodifacoum (DL50=0,16 mg/kg, nel barbagianni) ed, in minor misura, Difethialone (DL50=0,26 mg/kg, nel colino della virginia), si rivelano particolarmente pericolose nei rapaci notturni ed in altre specie.

L'elevata persistenza dei rodenticidi anticoagulanti nei tessuti degli animali avvelenati (nel Brodifacoum l'emivita epatica in un ratto può superare i 200 gg;

BRATT & HUDSON, 1979), il notevole intervallo temporale tra assunzione di una dose letale del veleno e la morte del roditore (fino a 6 gg nel Brodifacoum; FISHER, 2009) ed il discreto home range di alcune specie di roditori (es. *Rattus* sp.), possono giustificare un elevato rischio di intossicazione secondaria per molti predatori.

Malgrado le evidenze bibliografiche sopra esposte, la scelta dei diversi principi attivi nei piani di controllo dei roditori sembra non considerare il possibile impatto nei confronti dei predatori, così molecole come il Brodifacoum trovano amplissimo impiego e si possono facilmente acquistare in qualsiasi punto vendita dedicato.

In conclusione, emerge l'urgente necessità di provvedimenti normativi dedicati che guidino il cittadino e chi si occupa per lavoro del controllo dei roditori all'utilizzo di protocolli a basso impatto ecologico, eticamente corretti e sostenibili.

Sono infine da stimolare ricerche che mirino a colmare le lacune di conoscenze già sottolineate e che confrontino l'efficacia, soprattutto nel lungo periodo, di diversi metodi di controllo dei roditori, considerando con particolare attenzione il vantaggio di una attenta conservazione dei predatori naturali e dell'utilizzo di predatori domestici.

Bibliografia

- ALBERT C.A., WILSON L.K., MINEAU P., TRUDEAU S., ELLIOTT J.E., 2009. Anticoagulant Rodenticides in Three Owl Species from Western Canada, 1988-2003. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 2010, 58(2): 451-459.
- ANGELICI F.M., LATELLA L., LUISELLI L., RIGA F., 1997. The summer diet of the little owl (*Athene noctua*) on the island of Astipalaia (Dodecanese, Greece). *Journal of Raptor Research*, 31(3): 280-282.
- ARCA G., 1980. Regime alimentare dell'Allocco *Strix aluco* nel Lazio. *Avocetta*, 4: 3-15.
- ARJO W.M., BRYSON D.T., 2007. Reducing non-target hazards of Rodenticides in forest settings. *Wildlife Damage Management, Internet Center for USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications*.
- ASSISI F., 2006. Rodenticidi dicumarolici 1. Primo corso di aggiornamento di tossicologia per medici veterinari. Atti: volume 5.
- ATTERBY H., KERINS G.M., MACNICOLL A., 2005. Whole-carcass residues of the rodenticide Difenacoum in anticoagulant-resistant and susceptible rat strains (*Rattus norvegicus*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(2): 318-323.
- BACHMAN K.A., SULLIVAN T.J., 1983. Dispositional and pharmacodynamic characteristics of Brodifacoum in warfarin-sensitive rats. *Pharmacology*, 27: 281-288.
- BERNY P.J., BURONFOSSE T., BURONFOSSE F., LAMARQUE F., LORGUE G., 1997. Field evidence of secondary poisoning of foxes (*Vulpes vulpes*) and buzzard (*Buteo buteo*) by Bromadiolone, a 4 year survey. *Chemosphere*, 35(8): 1817-1829.
- BOHNSACK P., 1966. Über die Ernährung der Schleiereule, *Tyto alba*, insbesondere außerhalb der Brutzeit, in einen westholsteinischen Massenwehsegebiet der Feldmaus, *Microtus arvalis*. *Corax* 1(17): 162-172.
- BON M., RATTI E., SARTOR A., 2001. Variazione stagionale della dieta della civetta *Athene noctua* (Scopoli, 1769) in una località agricola della gronda lagunare veneziana. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, 52: 193-212.
- BRATT H., 1987. Difenacoum: elimination from tissues of rats following administration of a single oral dose. *Imperial Chemical Industries, Central Toxicology Laboratory Report No. CTL/P/1592*. Macclesfield, Surrey, United Kingdom.

- BRATT H., HUDSON P., 1979. Brodifacoum: absorption, excretion and tissue retention in the rat. Report No. CTL/P/462. Unpublished study received July 22, 1981 under 10182-38; prepared by Imperial Chemical Industries, Ltd., England, submitted by ICI Americas, Inc., Wilmington, Del.; CDL:245704-E.
- BRUIJN O., 1979. Voedselocologie van ide Kerkuil *Tyto alba* in Nederland. *Limosa*, 52: 91-154.
- COLVIN B.A., MCLEAN E.B., 1986. Food Habits and Prey Specificity of the Common Barn Owl in Ohio. *Ohio Journal of Science*, 86(1): 76-80.
- CRAMP S., 1998. BWP: Birds of the Western Palearctic, *Oxford University Press*.
- DEBERNARDI P., PATRIARCA E., 2000. Insettivori e roditori delle aree protette Astigiane: inventario e caratterizzazione ecologica preliminare. *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 21: 263-276.
- DEEM S.L., TERREL S.P., FORRESTER D.J., 1998. A retrospective study of morbidity and mortality of raptors in Florida: 1988-1994. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 29(2): 160-164.
- DELLEY B., JOSEPH E., 1985. Prévention des pullulations de Campagnols terrestres en prairie de montagne - acquis récents et perspectives de développement d'appâts rodenticides. *Schweiz. Landw. Forsch*, 24: 121-178.
- DI RUSSO C., 1987. Dati sui micromammiferi da borre di barbagianni, *Tyto Alba*, di un sito della Sardegna centro-orientale. *Hystrix*, 2: 57-62.
- DUNCAN J.R., JOHNSON D.H., NICHOLLS T.H., 1997. Biology and conservation of owls of the Northern Hemisphere: 2nd International symposium. Gen. Tech. Rep. NC-190. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station: 299-307.
- EASON C.T., MILNE L., POTTS M., MORRIS G., WRIGHT G.R.G., SUTHERLAND O.R.W., 1999. Secondary and tertiary poisoning risks associated with Brodifacoum. *New Zealand Journal of Ecology*, 23(2): 219-224.
- ENDEPOL S., KLEMMANN N., 2004. Rats and the placement of rodenticide baits for their eradication on indoor livestock farms. *NJAS (Wageningen Journal of Life Science)*, 52(2): 185-193.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 1998. Registration Eligibility Decision (RED): Rodenticide Cluster. EPA738-R-98-007, 307 pp.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2007. Pesticide fact sheet. Office of prevention, pesticide and toxic substance (7501C).
- ERICKSON W., URBAN D., 2002. Potential risks of nine rodenticides to birds and nontarget mammals: a comparative approach. *US Environmental Protection Agency*, Washington, D.C., 198 pp.
- ERICKSON W., URBAN D., 2004. Potential risks of nine rodenticides to birds and nontarget mammals: a comparative approach. *United States Environmental Protection Agency Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Office of Pesticides Programs Environmental Fate and Effects Division*: 1-214.
- FAIRLEY J.S., CLARK F.L., 1972. Food of barn owls *Tyto alba* (Scopoli) over one year at a roost in County Galway. *Irish Naturalists' Journal*, 17: 219-222.
- FATTORINI S., MANGANARO A., SALVATI L., 1999. Variations in the winter Little Owl *Athene noctua* diet along an urbanization gradient: a preliminary study. *Avocetta*, 23: 189.
- FISHER P.M., 2009. Residual Concentrations and Persistence of the Anticoagulant Rodenticides Brodifacoum and Diphacinone in Fauna. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at Lincoln University, 166 pp.
- FISHER P., O'CONNOR C., WRIGHT G., EASON C., 2003. Persistence of four anticoagulant rodenticides in the liver of laboratory rats. DOC Science internal Series 139. *Department of Conservation*, Wellington, New Zealand.
- GALUPPO C., BORGO E., 2001. Primi dati sull'alimentazione di Civetta *Athene noctua* e Allocco *Strix aluco* a Genova. *Avocetta*, 25: 210.
- GEMMEKE H., 1996. Investigation of the hazard of rodenticides to owls. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, 317: 175-184.
- GOLDADE D.A., SAVARIE P.J., HURLEY J.C., GADDIS S.A., JOHNSON. J.J., 2001. Design of a

- laboratory secondary hazard study. In: Johnston J.J. (ed.), Pesticides and Wildlife, *American Chemical Society Symposium Series* 771: 146-156.
- GROLLEAU G., LORGUE G., NAHAS K., 1989. Toxicité secondaire en laboratoire, d'un rodenticide anticoagulant (Bromadiolone) pour des prédateurs de rongeurs champêtres: buse variable (*Buteo buteo*) et hermine (*Mustela erminea*). *EPPO Bulletin*, 19: 633-648.
- HAYES W.J., LAWS E.R., 1990. Handbook of Pesticide Toxicology, Vol. 3, Classes of Pesticides. *Academic Press, Inc.*, NY.
- HERRERA C.M., HIRALDO F., 1976. Food-niche and trophic relationship among European owls. *Ornis Scandinavica*, 7: 29-41.
- HOLLINGER B.R., PASTOOR T.P., 1993. Case management and plasma half-life in a case of Brodifacoum poisoning. *Archives of Internal Medicine* 153, 1925-1928.
- HOWALD G., 1997. The risk of non-target species poisoning from Brodifacoum used to eradicate rats from Langara Island, British Columbia, Canada. *MS Thesis, Univ. British Columbia*, Vancouver, 159 pp.
- HUNTER K., SHARP E.A., MELTON L.M., 2000. Pesticide poisoning of animals 2000 - a report of investigations in Scotland. *Scottish Agricultural Science Agency - An Agency of the Scottish Executive Rural Affairs Department*, 27 pp.
- KAMIL N., 1987. Kinetics of Bromadiolone, anticoagulant rodenticide, in the Norway rat (*Rattus norvegicus*). *Pharmacological Research Communications* 19(11): 767-775.
- KAUKEINEN D.E., 1982. A review of the secondary poisoning hazard potential to wildlife from the use of anticoagulant rodenticides. *Proceedings of Vertebrate Pest Conference*, 10: 151-158.
- KAUKEINEN D.E., 1993. Nontarget organism evaluations for rodenticides. In: Racke K.D., Leslie A.R. (eds), Pesticides in Urban Environments: Fate and Significance. *ACS Symposium Series, American Chemical Society*, Washington, DC: 352-363.
- KIAT Y., 2004. Prey composition of the Little Owl (*Athene noctua*) and the Long-eared Owl (*Asio otus*) in Jerusalem and the Judean Lowlands. Pubblicato online: <http://www.israbirding.com/articles/>
- LECHEVIN J.C., POCHE R.M., 1988. Activity of LM2219 (Difethialone), a new anticoagulant rodenticide, in commensal rodents. In: Crabb A.C., Marsh R.E. (eds.), Proceedings of the 14th Vertebrate Pest Conference, University of California, Davis, United States: 59-63.
- LIBOIS R., 1977. Contribution a l'étude du régime alimentaire de la chouette cheveche (*Athene noctua*) en Belgique. *Aves*, 14: 165-177.
- LOVARI S., 1975. The feeding habits of four raptors in Central Italy. *Journal of Raptor Research*, 8: 45-57.
- MALAVASI D., MARCHESINI R., TRALONGO S., FERRARI R., 1995. L'alimentazione del Gufo comune *Asio otus* nella bassa pianura bolognese: primi risultati. *Avocetta*, 19: 116.
- MÁÑEZ M., 1983. Espectro alimentario del Mochuelo común (*Athene noctua*) en España. *Alytes*, 1: 275-290.
- MEEK W.R., BURMAN P.J., NOWAKOWSKI M., SPARKS T.H., BURMAN N.J., 2003. Barn owl release in lowland southern England - a twenty-one year study. *Biological Conservation*, 109: 271-282.
- MERSON M.H., BYERS R.E., KAUKEINEN D.E., 1984. Residues of the rodenticide Brodifacoum in voles and raptors after orchard treatment. *Journal Wildlife Manage*, 48: 212-216.
- MEZZAVILLA F., 1993. Indagine sull'alimentazione invernale del gufo comune, *Asio otus*, in provincia di Treviso. *Lavori Società Veneziana di Scienze Naturali*, 18: 173-182.
- MORICI F., 2007. Primi dati sui micromammiferi nell'Oasi faunistica di San Gaudenzio dalla dieta di Barbagianni (*Tyto alba*). *Biologi italiani*, anno XXXVII, 8: 46-49.
- NEWTON I., WYLLIE I., FREESTONE P., 1990. Rodenticides in British Barn Owls. *Environmental Pollution*, 68: 101-117.
- OBUCH J., KRISTÍN A., 2004. Prey composition of the little owl *Athene noctua* in an arid zone (Egypt, Syria, Iran). *Folia Zoologica*, 53(1): 65-79.
- OSWEILER G.D., CARSON T.L., BUCK W.B., VANGELDER G.A., 1985. Clinical and diagnostic veterinary toxicology, Third edition. *Kendall/Hunt*, Dubuque, Iowa, 494 pp.
- PARMAR G.H., BRATT H., MOORE R., BATTEN P.L., 1987. Evidence for a common binding site in vivo for the retention of anticoagulants in rat liver [abstract]. *Human Toxicology*, 6: 431-432.

- POCHÉ R.M., 1988. Rodent tissue residue and secondary hazard studies with Bromadiolone. *EPPO Bulletin*, 18: 323-330.
- PLINI P., 1986. Primi dati sull'alimentazione del gufo comune *Asio otus* nel lazio. *Avocetta*, 10: 41-43.
- PYROLA K., 1968. Sex differences in the clotting factor response to warfarin and of warfarin metabolism in the rat. *Annales Medicinalis Experimentalis et Biologiae Fennicae*, 46: 23-34.
- RUPRECHT A.L., 1979. Bats (Chiroptera) as constituents of the food of barn owl (*Tyto alba*) in Poland. *Ibis*, 121: 489-494.
- SAINT GIRONS M.C., MARTIN C., 1973. Adaptation du régime de quelques rapaces nocturnes au paysage rural. Les proies de l'Effraie et du Moyen-duc dans le département de la Somme. *Bulletin d'Ecologie*, 4: 95-120.
- SHORE R.F., BIRKS J.D.S., FREESTONE P., 1999. Exposure of non-target vertebrates to second-generation rodenticides in Britain, with particular reference to the polecat: *Mustela putorius*. *New Zealand Journal of Ecology*, 23(2): 199-206.
- STONE W.B., OKONIEWSKI J.C., STEDELIN J. R., 1999. Poisoning of wildlife with anticoagulant rodenticides in New York. *Journal of Wildlife Diseases*, 35(2): 187-193.
- THACKER J.L., 2001. Long Acting Anticoagulant Rodenticides North Dakota Poison Centre 2004 NDPC/HRPC.
- THIJSSSEN H.H.W., 1995. Warfarin-based rodenticides: mode of action and mechanism of resistance. *Pesticide Science*, 43: 73-78.
- WATANABE K.P, SAENGTIENCHAI A., TANAKA K.D., IKENAKA Y., ISHIZUKA M., 2010. Comparison of warfarin sensitivity between rat and bird species. *Hokkaido University*.
- WENDELL M.D., SLEEMAN J.M., KRATZ G., 2002. Retrospective study of morbidity and mortality of raptors admitted to Colorado State University Veterinary Teaching Hospital during 1995 to 1998. *Journal of Wildlife Diseases*, 38(1): 101-106.
- WILSON L., HARRIS M., ELLIOTT J., 1998. Impact of agricultural pesticides on birds of prey in the lower fraser valley. *Pacific Wildlife Research Centre Environment Canada*, Delta, B.C.
- WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO), 1995. EHC (Environmental Health Criteria) 175: Anticoagulant rodenticides. *WHO*, Geneva.

Indirizzi degli autori:

Ernesto Pascotto - Società Trevigiana di Scienze Naturali, Museo Zoologico G. Scarpa, Piazzetta Benedetto XI, I-31100 Treviso (TV); ernesto.pascotto@gmail.com
 Martina Maset, Paolo Tomè - Università degli Studi di Udine, Sez. di Biologia e Patologia Animale DIAN, Via Sondrio 2, loc. Rizzi, I-33100 Udine (UD); dellagiustinac@libero.it, paolo.tome@uniud.it