

Impatto dei cambiamenti climatici sulle comunità di micromammiferi (Mammalia: Soricomorpha, Rodentia) del Delta del Po*

STEFANO MAZZOTTI

ELISABETTA TIOZZO

Museo civico di Storia Naturale di Ferrara, Via Filippo De Pisis 24 - 44121 Ferrara (Italy) - E-mail: s.mazzotti@comune.fe.it

RIASSUNTO

Le frequenze delle specie preda del barbagianni (*Tyto alba*) rilevate nei boli alimentari (borre) raccolti in sette siti (roosts) nel Delta del Po in tre periodi diversi ($T_1 = 1975 - 1989$; $T_2 = 2006 - 2009$; $T_3 = 2011 - 2012$ Progetto Climaparks) sono state confrontate per individuare, sulla base dei dati climatici dell'area di studio, se le variazioni climatiche degli ultimi decenni hanno influenzato le composizioni delle comunità microterologiche di questo territorio. La struttura delle comunità di micromammiferi nel territorio del Delta del Po ha subito cambiamenti rilevanti negli ultimi trent'anni individuando notevoli variazioni delle frequenze di alcune specie bioindicatrici. Il confronto dei dati relativi agli anni settanta e ottanta del Novecento con quelli di campionamenti recenti risalenti all'ultimo millennio mostrano l'aumento di specie termofile e la diminuzione di quelle mesofile. L'aumento delle temperature di quest'ultimi decenni riscontrato nell'area di studio potrebbe aver avuto un ruolo determinante sull'aumento delle frequenze del mustiolo (*Suncus etruscus*) fra i Soricomorfi e del topolino domestico (*Mus domesticus*) fra i Roditori, tipiche specie termo-xerofile favorite dal riscaldamento globale. Al contrario le specie appartenenti al genere *Sorex* che presentano un elevato grado di mesofilia in questi ultimi trent'anni hanno subito un drastico decremento delle loro abbondanze nelle comunità dei piccoli mammiferi del Delta del Po. Tali variazioni sono confermate dall'incremento significativo degli indici di termoxerofilia nei tre periodi di monitoraggio.

Parole chiave: Micromammiferi, Cambiamenti climatici, Delta del Po, Indici di termoxerofilia.

ABSTRACT

Climatic changes impact on small mammals (Mammalia: Soricomorpha, Rodentia) communities of the Po River Delta.

The frequencies of prey species of the barn owl (*Tyto alba*) detected in pellets collected at seven sites (roosts) in the Po River Delta in three different periods ($T_1 = 1975-1989$; $T_2 = 2006-2009$; $T_3 = 2011 - 2012$ Climaparks Project) were compared to identify, on the basis of the climatic data of the study area, if the climatic changes of the last decades have influenced the compositions of the small mammals communities of the study area. The structure of the small mammals community in the Po River Delta have undergone significant changes over the past thirty years, identifying significant changes in the frequencies of some bio-indicator species. The comparison of the data collected in the seventies and eighties of the twentieth Century with those of recent samples dating back to the last millennium show the rise of thermophilic species and the decrease of those mesophilic species. The last decades of rising temperatures found in the study area may have played a crucial role on increasing the frequency of the etruscan shrew (*Suncus etruscus*) between Soricomorpha and of the house mouse (*Mus domesticus*) among Rodentia, thermo-xerophilic species favored by global warming. In contrast, species belonging to the genus *Sorex* with a high degree of mesophilic in the last thirty years have decrease in their abundances in the communities of small mammals of the Po Delta. These changes are confirmed by the significant increase of the thermoxerophilic indexes in the three monitoring periods.

Key word: Small mammals, Climatic changes, Po River Delta, Thermoxerophilic indexes.

INTRODUZIONE

Il barbagianni (*Tyto alba*) è un rapace notturno che si ciba in prevalenza di piccoli mammiferi (Soricomorpha e Rodentia), i quali occupano l'87-97 % della sua dieta complessiva (CHIAVETTA, 1988). Oltre ai piccoli mammiferi il suo regime alimentare annovera anche gli uccelli, che compaiono nella sua dieta soprattutto quando vi sono condizioni meteorologiche avverse (CAGNIN & ALOISE, 1988; MAZZOTTI & DAVI, 2003) e, con frequenze minoritarie, chiroteri, altri mammiferi di pic-

cola taglia (lagomorfi e mustelidi), rettili, anfibi e insetti. È il più generalista tra gli Strigiformi diffusi in Italia, consumando la quasi totalità delle specie di micromammiferi presenti nel territorio nazionale (ALOISE & CONTOLI, 1984). Il barbagianni non attua una selezione interspecifica tra le prede e per questo viene definito un "campionatore casuale" (LOVARI *et al.*, 1976; CONTOLI, 1980). Le prede sono ingerite intere e successivamente vengono rigurgitati boli alimentari con ossa, peli e altre parti indigeribili, detti borre, dove mediamente si rinvencono 2,5 prede per borra. In studi effettuati nella zona mediterranea

* Studio finanziato nell'ambito del Progetto Climaparks, Programma per la cooperazione transfrontaliera Italia/Slovenia 2007-2013.

si è stimata la produzione di tre borre ogni due giorni (CHIAVETTA, 1988), questo numero è dipendente dalla disponibilità di prede nel territorio di caccia ed alla velocità metabolica del predatore in rapporto alle condizioni climatiche ed ambientali in cui si trova (CONTOLI, 1980). L'utilizzo delle borre negli studi microterologici presenta il vantaggio di poter studiare un grande numero di prede in tempi brevi. Ciò fa di questo predatore un ottimo strumento per campionare l'area dove cattura abitualmente le sue prede, pertanto, mediante l'analisi del contenuto delle borre rigettate nei *roosts* (posatoi) dove si rifugia giornalmente, può essere utilizzato per lo studio delle dinamiche delle popolazioni dei micromammiferi (CONTOLI, 1984). Il territorio di caccia del barbagianni viene convenzionalmente schematizzato come un'area circolare avente il centro nel *roost* principale. La superficie del territorio di caccia di questo predatore è stata stimata con diverse metodologie che hanno prodotto valori che oscillano da un raggio di 460 m (EVANS & EMLEN, 1947) fino a un massimo di 5000 m (PETRETTI, 1977). La variazione può dipendere anche dalla stagionalità: TAYLOR (1994) ha stimato un raggio del territorio di caccia che varia da 4500 m in inverno a circa 2000 m in estate. Una stima basata sulla correlazione tra la frequenza dei toporagni acquatici (*Neomys*) nelle borre e la lunghezza dei corsi d'acqua presenti nell'area di caccia del barbagianni ha prodotto un raggio di almeno 2500 m (TABERLET, 1983). Questa variabilità induce a pensare che l'home-range del rapace possa essere più o meno ampliato in relazione alle esigenze di predazione (ALOISE *et al.*, 1990). In questo studio si è considerato un raggio d'azione di 2500 m seguendo le indicazioni delle stime effettuate nella Pianura Padana (DE MARCHI & SARTORI, 1991). Negli ultimi anni alcuni studi hanno dimostrato che l'aumento delle temperature, la diminuzione delle precipitazioni e l'aumento dell'aridità influiscono sulle comunità di micromammiferi, incidendo sulle specie più sensibili alle variazioni climatiche (HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, 2001). Tra le specie che si trovano nel Delta del Po, il mustiolo (*Suncus etruscus*) è una specie tipicamente termo-xerofila e la sua abbondanza è influenzata negativamente dall'aumento delle precipitazioni e positivamente dall'aumento della temperatura (CONTOLI, 1984).

Anche il topolino delle case (*Mus musculus*) risulta strettamente associato al bioclina mediterraneo al pari dal ratto nero (*Rattus rattus*) (AMORI *et al.*, 1986), tanto che queste specie si rivelano indicatrici di ambienti a tendenza termo-xerofila e sono quindi favorite dal riscaldamento globale (SZPUNAR *et al.*, 2008). Al contrario tutte le specie appartenenti al genere *Sorex* presentano un grado di mesofilia medio o elevato, presentando un'associazione positiva con l'aumento delle precipitazioni e negativa con l'incremento delle temperature e con il bioclina mediterraneo (CONTOLI, 1984). Le frequenze delle specie preda del barbagianni in sette siti del Delta del Po rilevate in tre periodi diversi sono state confrontate per individuare, sulla base dei dati meteorologici a nostra disposizione (MASSETTI & MAZZOTTI, 2013, in questo volume), se le variazioni climatiche degli ultimi decenni hanno influenzato le composizioni delle comunità microterologiche di questo territorio.

MATERIALI E METODI

Le raccolte delle borre sono state effettuate trimestralmente da luglio 2011 a settembre 2012, in sette casolari abbandonati localizzati nel Parco del Delta del Po dell'Emilia Romagna e del Veneto che costituiscono rifugi diurni (*roosts*) del barbagianni. I siti sono stati scelti in base alla disponibilità di dati pregressi relativi a diversi periodi di raccolta: dal 1975 al 1989 (T_1) presenti in letteratura (BERTAZZINI & SALA, 1978; SUPRANI, 1985; BOLDREGHINI *et al.*, 1988a; BOLDREGHINI *et al.*, 1988b; BERTAZZINI *et al.*, 1990; MANNINI, 1990); ottenuti da monitoraggio da noi effettuati dal 2006 al 2009 (T_2) (Tab. 1). Sono stati ritenuti adeguati allo studio solo i siti che presentassero un numero minimo di 100 prede, valore richiesto per superare le influenze stagionali sulla dieta (CONTOLI, 1981), e quelli che non avessero subito cambiamenti radicali degli ambienti circostanti e modificazioni sostanziali dell'uso del suolo negli ultimi quarant'anni. Nel sito Le Gallare il numero di esemplari rinvenuti nel monitoraggio Climaparks non ha raggiunto il valore minimo di cento esemplari di micromammiferi, per le analisi statistiche si è quindi optato per l'aggregazione con i

Sito codice	Comune Provincia	Coordinate	T_1	Rif. Bibl. T_1	T_2
Cannevi di Volano CNV	Comacchio Ferrara	N 44° 9.231' E 12° 1.254'	1975	BERTAZZINI E SALA, 1978	2006 2007
Marozzo MAR	Lagosanto Ferrara	N 44° 6.838' E 12° 7.187'	1975	BERTAZZINI E SALA, 1978	2006 2007
Le Gallare LGAL	Ostellato Ferrara	N 44°46.172' E 12° 5.194'	1975	BERTAZZINI E SALA, 1978	2006 2007
Taglio della Falce TFAL	Mesola Ferrara	N 44° 0.698' E 12° 4.052'	1975 1984	BERTAZZINI E SALA, 1978 BOLDREGHINI <i>et al.</i> , 1988a	2007 2008
Punta Alberana PAL	Argenta Ferrara	N 44° 40' 59" E 12° 06' 06"	1984	BOLDREGHINI <i>et al.</i> , 1988b	2009
Pisana PIS	Taglio di Po Rovigo	N 44°56.383' E 12°17.950'	1976 1989	SUPRANI, 1985 BERTAZZINI <i>et al.</i> , 1990; MANNINI, 1990	2006 2007
Gorino Veneto GVEN	Taglio di Po Rovigo	N 44°48.044' E 12°23.130'	1976 1989	SUPRANI, 1985 BERTAZZINI <i>et al.</i> , 1990 MANNINI, 1990	2006 2007

Tab. 1. Elenco dei siti di raccolta delle borre di barbagianni con indicazione delle coordinate topografiche. In T_1 sono indicate le date di raccolta dei dati e le rispettive fonti bibliografiche; in T_2 la data di campionamenti precedenti effettuati dal Museo di Storia Naturale di Ferrara disponibili per il confronto con i monitoraggi Climaparks.

dati relativi al periodo 2006-2009 (T_2).

L'analisi ambientale dei siti è stata effettuata confrontando le "Carte dell'uso reale del suolo" realizzate dal Servizio cartografico e dei suoli della Regione Emilia Romagna i cui rilievi per la realizzazione delle carte sono stati effettuati dal 1976 al 1978; per i dati dal 2000 sono state utilizzate le carte in formato digitale realizzate da Corine Land Cover 2000 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data#c12=corine+land+cover+version+13>).

Il territorio compreso nel raggio d'azione del barbagianni circostante ai sette *roosts* monitorati è caratterizzato in prevalenza da terreni agricoli costituiti da seminativi e risaie con scarsa copertura arborea come nel caso dei siti Marozzo, Le Gallare e Punta Alberana. Il sito di Taglio della Falce si distingue per tipologie ambientali più eterogenee, infatti oltre ai consueti seminativi, esso presenta una quota consistente di bosco litoraneo termofilo grazie all'immediata vicinanza con il Bosco della Mesola. Il sito Cannevi di Volano è localizzato nelle vicinanze di Valle Bertuzzi, l'ambiente circostante è caratterizzato da colture agricole a seminativo e in piccola parte anche vigneti, frutteti, colture orticole e pioppeti. Pisana e Gorino Veneto sono connotati da colture agricole a seminativi che raggiungono l'argine della gola del fiume Po costituita da boscaglie ripariali e pioppeti.

L'analisi del materiale osteologico proveniente dalle borre di barbagianni è stata effettuata secondo metodologie proposte da CONTOLI (1980). La gran parte dei materiali raccolti sono conservati nelle collezioni osteologiche microteriologiche del Museo di Storia Naturale di Ferrara (MAZZOTTI *et al.*, 2007). Per il riconoscimento delle specie si sono utilizzati i criteri diagnostici proposti da vari autori (TOSCHI, 1959; TOSCHI, 1965; CHALINE *et al.*, 1974; NIETHAMMER & KRAPP, 1978a; NIETHAMMER & KRAPP, 1978b; NAPPI, 2001; AMORI *et al.* 2008). I materiali ossei attribuibili alle specie *Apodemus sylvaticus* e *A. falvicollis*, distinguibili solo in base ad una elaborata analisi dei crani (FILIPUCCI *et al.* 1984), sono stati raggruppati unico gruppo *Apodemus* sp., analogamente ad altri lavori (LOVARI *et al.* 1976; BON *et al.* 1992, DEL GUASTA, 1999). Per quanto riguarda il genere *Sorex*, la tassonomia, la distribuzione e il numero di specie presenti in Italia sono ancora in corso di definizione, in particolare per la Pianura Padana orientale è ancora da verificare la posizione tassonomica dei toporagni del gruppo *S. arunchi* - *antioris* - *araneus* (AMORI *et al.*, 2008; YANNIC *et al.*, 2011), per cui si è preferito indicare i reperti ossei di questi Soricomorfi come appartenenti al gruppo tassonomico del genere *Sorex* sp.

Per individuare eventuali trend di variazione temporale delle composizioni quali-quantitative delle comunità microteriologiche del Delta del Po, ai dati ottenuti dalle raccolte effettuate nei due periodi (T_1 , T_2) (Tab. 1), e a quello del monitoraggio Climaparks, sono stati applicati gli indici di termoxerofilia (CONTOLI, 1980). Essi si basano sulle frequenze relative di alcune specie indicatrici individuate in base alla loro tendenza a frequentare zone più o meno termo-xerofile. Questi indici assumono valori più elevati in corrispondenza di aree più calde e aride e sono espressi dalle seguenti formule: $ITX = \text{Crociurinae} / \text{Soricidae}$; $ITX_1 = (\text{Suncus etruscus} - \text{Sorex sp.}) / \text{Soricidae}$; $ITX_2 = \{(\text{Suncus etruscus} / \text{Soricidae}) + [(\text{Mus musculus} + \text{Rattus rattus}) / \text{Murinae}]\} / 2$; $ITX_3 = (\text{Mus musculus} + \text{Rattus rattus}) / \text{Murinae}$. La differenziazione della composizione delle comunità di piccoli mammiferi dei sette siti di monitoraggio nei diversi periodi di raccolta delle borre è stata testata anche con l'indice di similarità di Bray Curtis (1978): $\sum |X_{ij} - X_{ik}| / \sum (X_{ij} + X_{ik})$ dove X_{ij} indica il numero di esemplari delle i specie nel campione j e X_{ik} il numero di individui delle i specie nel campione k . Tale indice assume valori che variano da 0 (siti identici) a 1 (siti totalmente diversi).

+ *Rattus rattus*)/Murinae]}/ 2; $ITX_3 = (\text{Mus musculus} + \text{Rattus rattus}) / \text{Murinae}$. La differenziazione della composizione delle comunità di piccoli mammiferi dei sette siti di monitoraggio nei diversi periodi di raccolta delle borre è stata testata anche con l'indice di similarità di Bray Curtis (1978): $\sum |X_{ij} - X_{ik}| / \sum (X_{ij} + X_{ik})$ dove X_{ij} indica il numero di esemplari delle i specie nel campione j e X_{ik} il numero di individui delle i specie nel campione k . Tale indice assume valori che variano da 0 (siti identici) a 1 (siti totalmente diversi).

RISULTATI

Nell'ambito del monitoraggio Climaparks è stato analizzato il contenuto di 688 borre relative agli anni 2011 e 2012 (T_3). Complessivamente sono stati rinvenuti i resti di 2001 esemplari di micromammiferi, corrispondenti ad una media di 2,92 prede per borra. Questi dati sono stati poi confrontati con quelli raccolti nei medesimi siti in monitoraggi effettuati tra il 1975 e il 1989 (T_1) rappresentati da 2031 prede e con i dati rinvenuti nelle raccolte effettuate tra il 2006 e il 2009 (T_2) corrispondenti ad un totale 604 borre che hanno prodotto 2009 esemplari di piccoli mammiferi. Nel complesso sono state determinate 16 specie, di cui 6 appartenenti all'ordine Soricomorpha e 8 all'ordine Rodentia (Tab. 2).

I risultati ottenuti mostrano una maggiore consistenza dei Soricomorfi nella prima raccolta (T_1) dove presentano una frequenza percentuale sul totale dei micromammiferi pari al 36,61 %. Questa aliquota diminuisce in modo consistente nei due periodi di campionamento successivi ($T_2 = 21,18$ %; $T_3 = 24,05$ %). In particolare i toporagni del genere *Sorex*, legati ad ambienti umidi e freschi, sono quelli che presentano il decremento più accentuato (da 16,2 % a 3,4 % sul totale dei Soricomorfi); andamento inverso è invece quello mostrato dal mustiolo (*Suncus etruscus*) specie che predilige ambienti più caldi e aridi, che presenta un deciso incremento delle frequenze (da 1,80% a 13,01%) (Fig. 1).

Anche fra i Roditori si assiste ad un aumento di specie xerofile quali il topolino domestico *Mus musculus* che risulta essere più

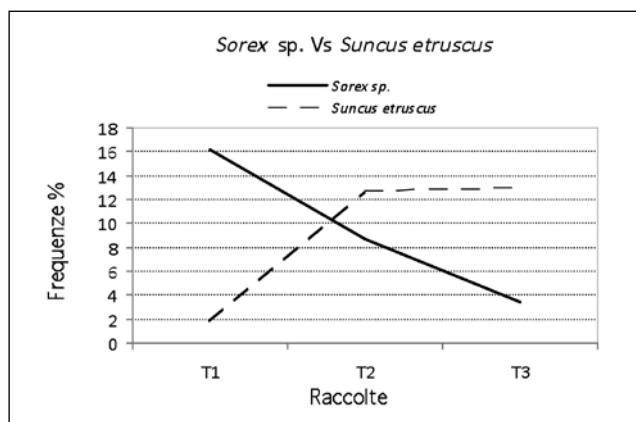


Fig. 1. Andamento delle frequenze percentuali sul totale dei Soricomorpha di *Sorex* sp. e *Suncus etruscus* nei tre periodi T_1 , T_2 , T_3 nel complesso di sei siti di monitoraggio del Delta del Po (con esclusione del sito Le Gallare).

Siti	GVEN			PIS			CNV			LGAL			TFAL			MAR			PAL		
Specie	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃
<i>Crociodura suaveolens</i>	76	85	58	101	37	55	75	36	28	39	12	5	72	31	27	45	16	63	9	3	31
<i>Crociodura leucodon</i>	12	5	46	8	14	27	6	15	5	14	14	2	16	12	12	34	12	24	5	4	6
<i>Crociodura sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Sorex sp.</i>	21	3	2	38	7	4	14	9	0	8	6	0	14	6	3	9	2	6	6	3	1
<i>Suncus etruscus</i>	3	11	22	4	10	5	1	3	1	1	8	0	4	2	3	0	7	15	0	11	15
<i>Talpa sp.</i>	9	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Neomys anomalus</i>	10	0	1	8	2	4	5	0	0	2	0	0	10	0	0	1	0	1	1	0	0
Soricidae ind.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Tot. Soricomorpha	131	104	129	161	70	95	103	64	34	64	40	7	117	51	45	89	37	111	29	21	55
<i>Mus musculus</i>	43	86	61	6	35	25	18	19	18	14	144	9	25	44	17	17	46	109	1	12	20
<i>Apodemus sp.</i>	29	85	116	33	64	92	62	52	27	53	50	11	84	87	38	41	21	71	10	32	26
<i>Rattus rattus</i>	3	13	1	1	4	4	2	2	2	1	66	1	3	0	1	0	10	2	0	0	0
<i>Rattus norvegicus</i>	17	0	0	16	0	0	5	0	0	9	0	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Microtus arvalis</i>	1	97	274	18	79	22	1	112	6	18	18	3	1	17	16	0	10	175	0	43	151
<i>Microtus savii</i>	42	28	11	59	59	58	99	64	17	105	42	1	72	67	30	47	24	55	116	13	15
<i>Micromys minutus</i>	31	32	6	14	14	7	9	4	2	42	11	0	74	1	5	24	9	4	1	0	0
<i>Arvicola terrestris</i>	3	0	0	5	2	2	19	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Rattus sp.</i>	0	0	0	11	0	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Muridae ind.	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	3	10	2	1
Cricetidae ind.	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Tot. Rodentia	169	341	469	163	257	219	217	253	73	246	331	26	269	216	110	130	120	420	143	104	215
Tot. esemplari	300	445	598	324	327	314	320	317	107	310	371	33	386	267	155	219	157	521	172	125	270
N. borre		165	200		74	142		116	38		120	16		65	48		32	153		32	91

Tab. 2. Numero di esemplari per specie preda di micromammiferi rilevati nelle raccolte di borre effettuate negli anni 1975 – 1989 (T₁), 2006 – 2009 (T₂) e nei monitoraggi Climaparks 2011 – 2012 (T₃) nei sette *roosts* di barbagianni del Delta del Po. Per i codici dei siti si veda la tabella 1.

frequente nelle raccolte più recenti rispetto a quella iniziale degli anni settanta-ottanta del Novecento.

L'andamento degli indici di termoxerofilia presenta un trend positivo dal primo campionamento al monitoraggio Climaparks che è più o meno evidente a seconda degli indici considerati. ITX e ITX₁ assumono valori crescenti nelle tre raccolte presentando un incremento complessivo rispettivamente di 0,18 e 0,24. Il primo indice risulta essere sempre superiore al valore di 0,71 indicato da CONTOLI (1986) come limite massimo atteso per le zone a bioclimate temperato. ITX₂ e ITX₃ presentano incrementi consistenti fra T₁ e T₂ (rispettivamente di 0,17 e

0,23) mentre fra il secondo e terzo campionamento tendono a stabilizzarsi (Tab. 3).

Il maggior intervallo di tempo intercorso fra le raccolte T₁ e T₂ (circa 30 anni) rispetto a quello fra le più ravvicinate T₂ e T₃ degli anni duemila mette in evidenza l'incremento riscontrato fra gli indici di termoxerofilia. Aggregando i dati raccolti nei monitoraggi recenti (T₂₀₀₆₋₁₂) e confrontandoli con quelli dei primi campionamenti (T₁₉₇₅₋₈₉) si può osservare come i valori dei quattro indici aumentino in tutti i sette siti studiati, con incrementi medi che oscillano da 0,15 a 0,26 punti (Tab. 4; Fig. 2), significativi al t-test (ITX: t₆ = 3,684, p < 0,02; ITX₁: t₆ = 3,673,

Indici	T ₁	T ₂	T ₃
ITX	0,77	0,87	0,95
ITX ₁	-0,14	0,04	0,10
ITX ₂	0,09	0,26	0,26
ITX ₃	0,17	0,40	0,39

Tab. 3. Valori medi degli indici di termo-xerofilia nei tre periodi di campionamento nel complesso di sei siti di monitoraggio del Delta del Po (con esclusione del sito Le Gallare).

Indici	T ₁₉₇₅₋₈₉	T ₂₀₀₆₋₁₂	incremento
ITX	0,77	0,92	0,15
ITX ₁	-0,14	0,07	0,21
ITX ₂	0,09	0,29	0,19
ITX ₃	0,17	0,43	0,26

Tab. 4. Valori e incrementi medi dei quattro indici di termoxerofilia nei sette siti di monitoraggio in due periodi di raccolta (T₁₉₇₅₋₈₉ e T₂₀₀₆₋₁₂) delle borre di barbagianni nel Delta del Po.

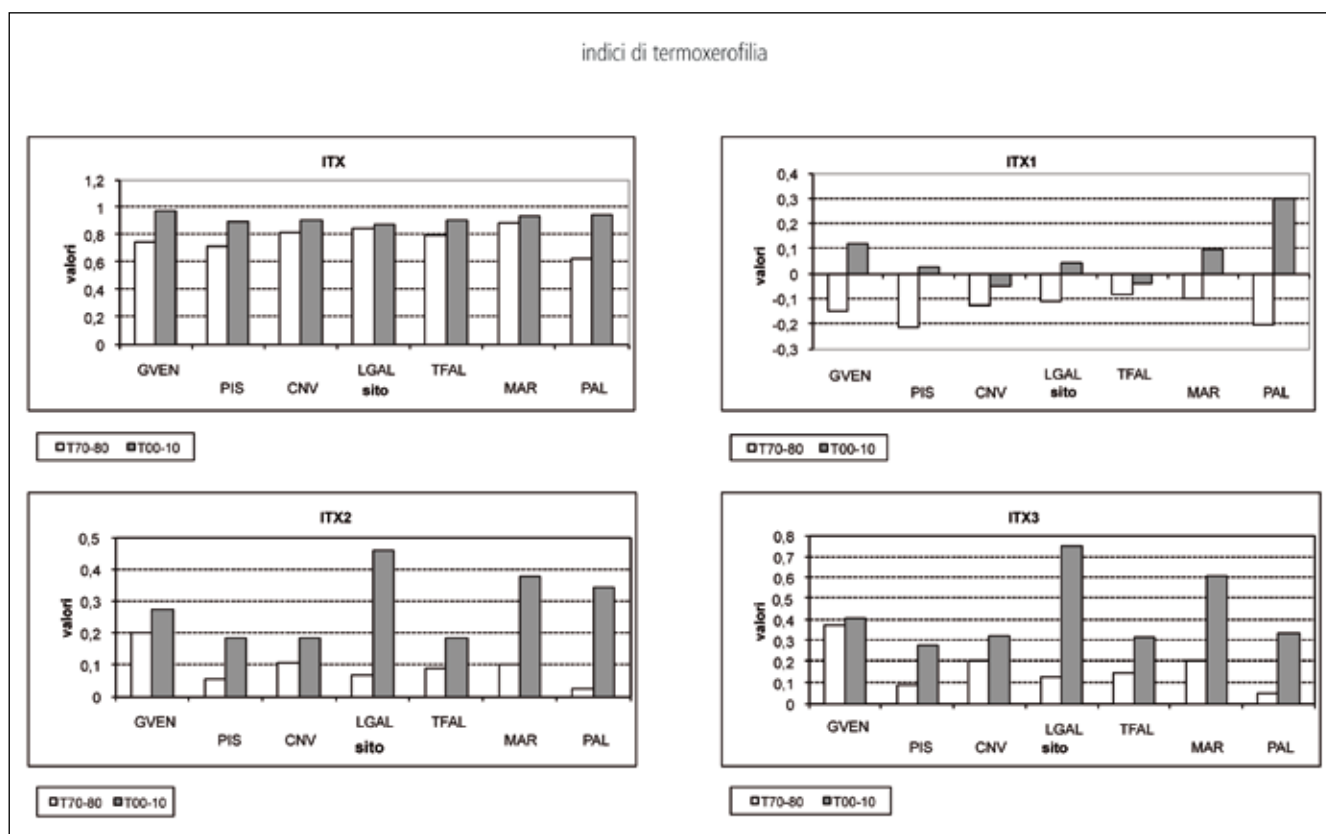


Fig. 2. Confronto dei valori dei quattro indici di termoxerofilia (ITX, ITX₁, ITX₂, ITX₃) nei sette siti di monitoraggio in due periodi di raccolta delle borre di barbagianni (T₁₉₇₅₋₈₉ e T₂₀₀₆₋₁₂) nel Delta del Po. Per i codici dei siti si veda la tabella 1.

$p < 0,02$; ITX₂: $t_6 = 3,871$, $p < 0,01$; ITX₃: $t_6 = 3,425$, $p < 0,02$). Gli incrementi di maggior portata interessano i siti di Punta Alberana (ITX = 0,33; ITX₁ = 0,50) e Le Gallare (ITX₂ = 0,39; ITX₃ = 0,63), aumenti rilevanti di alcuni indici riguardano anche Gorino Veneto (ITX = 0,23; ITX₁ = 0,27) e Marozzo (ITX₃ = 0,40) (Fig. 2).

La differenziazione delle comunità di micromammiferi fra i due periodi di raccolta è confermata dall'indice di similarità di Bray-Curtis che evidenzia quattro siti su sette che superano valori di 0,50. A conferma degli andamenti degli indici di termoxerofilia, questo indice individua Punta Alberana (0,79),

Gorino Veneto (0,64), Le Gallare (0,63) e Marozzo (0,54) i siti che presentano la più bassa affinità delle comunità di piccoli mammiferi fra i due periodi di campionamento (Tab. 5).

DISCUSSIONE

Gli effetti del riscaldamento globale sono ormai da tempo osservati anche sulle comunità di piccoli mammiferi in diversi ecosistemi dove sono accertate modificazioni nella distribuzione altitudinale e nella fenologia di diverse specie (MORITZ *et al.*, 2008). La struttura delle comunità di micromammiferi nel territorio del Delta del Po ha subito cambiamenti rilevanti negli ultimi trent'anni individuando notevoli variazioni delle frequenze di alcune specie bioindicatrici. Il confronto dei dati relativi a raccolte di boli alimentari di barbagianni effettuate negli anni settanta e ottanta del Novecento con quelli di campionamenti recenti risalenti all'ultimo millennio mostrano l'aumento di specie termofile e la diminuzione di quelle mesofile. Tali variazioni sono confermate dall'incremento degli indici di termoxerofilia. Le elaborazioni climatiche effettuate nell'area del Delta del Po confermano il significativo aumento delle temperature di quest'ultimi decenni (MASSETTI & MAZZOTTI, 2013, in questo volume), tale variazione potrebbe aver influito positivamente sulla componente termofila e negativamente su quella mesofila delle comunità microterologiche di questo territorio. In particolare ciò può aver avuto un ruolo determinante sull'aumento delle frequenze riscontrate per il

T ₀₆₋₁₂	T ₇₅₋₈₉	GVEN	PIS	CANV	LGAL	TFAL	MAR	PAL
GVEN	0,638							
PIS		0,458						
CANV			0,323					
LGAL				0,631				
TFAL					0,314			
MAR						0,544		
PAL								0,790

Tab. 5. Valori dell'indice di Bray-Curtis calcolato sui dati aggregati in due periodi di raccolta delle borre di barbagianni (T₁₉₇₅₋₈₉, T₂₀₀₆₋₁₂) nei sette siti del Delta del Po.

mustiolo fra i Soricomorfi e del topolino domestico fra i Roditori, tipiche specie termo-xerofile favorite dal riscaldamento globale (CONTOLI, 1984; AMORI *et al.*, 1986; CRISTALDI & SZPUNAR, 2006; SZPUNAR *et al.*, 2008). Al contrario le specie appartenenti al genere *Sorex* che presentano un elevato grado di mesofilia in questi ultimi trent'anni hanno subito un drastico decremento delle loro abbondanze nelle comunità dei piccoli mammiferi del Delta del Po. L'aumento delle specie termofile potrebbe causare effetti negativi anche sugli interi ecosistemi con una progressiva riduzione di biodiversità. Inoltre, l'incremento delle specie termofile antropofile (*Mus musculus* e *Rattus rattus*) potrebbe aumentare il pericolo di trasmissione di malattie veicolate dai Roditori (MENNE & EBI, 2006; SZPUNAR *et al.*, 2008) con serie ricadute anche sulle attività umane.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento va a Giulia Rasera Berna per i campionamenti sul campo.

BIBLIOGRAFIA

- ALOISE G., CONTOLI L., 1984 - Su alcune valutazioni ambientali attraverso la dieta dei rapaci. *Acqua-Aria*, 2: 135-143.
- ALOISE G., PELOSI M. & RONCA M., 1990 - I popolamenti di micromammiferi della Riserva Naturale «Monte Rufeno» (Lazio): dati da borre di Barbagianni *Tyto alba*. *Hystrix*, 2: 23-34.
- AMORI G., CRISTALDI M. & CONTOLI L., 1986 - Sui Roditori (Gliridae, Arvicolidae, Muridae) dell'Italia peninsulare ed insulare in rapporto all'ambiente bioclimatico mediterraneo. *Animalia*, 11 (1-3): 217-269.
- AMORI G., CONTOLI L. & NAPPI A., 2008 - *Mammalia II. Erinaceomorpha, Soricomorpha, Lagomorpha, Rodentia*. In: *Fauna d'Italia*. Vol. XLIV, Calderini Editore: 1-736.
- BERTAZZINI M. & SALA B., 1978 - Prime indagini sulle associazioni a Micromammiferi del Basso Ferrarese. *Studi Tridentini di Scienze Naturali*, 55: 35-46.
- BERTAZZINI M., SALA B. & SCARPANTE L., 1990 - I micromammiferi del Delta del Po. *Studi Tridentini di Scienze Naturali, Acta Biologica*, 66: 187-203.
- BOLDREGHINI P., CASINI L. & SANTOLINI R., 1988a - Variazioni stagionali della dieta di *Tyto alba* nel Bosco della Mesola (Delta del Po). *Naturalista Siciliano*, IV, XII (Suppl.): 151-153.
- BOLDREGHINI P., CASINI L. & SANTOLINI R., 1988b - Differenze stagionali della dieta di *Tyto alba* nell'area delle Valli di Comacchio. *Naturalista Siciliano*, S. IV, XII (Suppl.): 155-158.
- BON M., ROCCA FORTE P. & SIRNA G., 1992 - Variazione stagionale della dieta del Barbagianni, *Tyto alba*, in una località della gronda lagunare veneziana (Portegrandi, Venezia). *Lavori Società Veneta di Scienze Naturali*, 18: 183-190.
- CAGNIN M. & ALOISE G., 1988 - Variazioni trofiche di *Tyto alba* in un'area sottoposta ad acuta antropizzazione. *Naturalista Siciliano*, S. IV, XII (suppl.): 169-172.
- CHALINE J., BAUDVIN H., JAMMOT D. & SAINT GIRONS M.C., 1974 - *Les proies des rapaces*. Doin, Paris: 141 pp.
- CHIAVETTA M., 1988 - *Guida ai rapaci notturni, Strigiformi d'Europa, nord Africa e Medio Oriente*. Zanichelli, Bologna: 189 pp.
- CONTOLI L., 1980 - Borre di Strigiformi e ricerca teriologica in Italia. *Natura e Montagna*, 3: 73-94.
- CONTOLI L., 1981 - Ruolo dei micromammiferi nella nicchia trofica del Barbagianni *Tyto alba* nell'Italia centro-meridionale. *Avocetta*, 5: 49-64.
- CONTOLI L., 1984 - Owl pellets as an in direct sampling source for terrestrial small mammal populations. *Atti 4° Simposio Dinamica Popolazioni* (Parma 22-24 Ottobre 1981): 167-176.
- CONTOLI L., 1986 - Sistemi trofici e corologia: dati su Soricidae, Talpidae ed Arvicolidae d'Italia predati da *Tyto alba* (Scopoli 1769). *Hystrix*, 1(2): 95-118.
- CRISTALDI M. & SZPUNAR G., 2006 - *L'impatto dei cambiamenti climatici sugli animali*: 189-212. In: Antonioli et al. - *Kyoto e dintorni. I cambiamenti climatici come problema globale*, Franco Angeli, Milano.
- DEL GUASTA M., 1999 - La dieta del barbagianni (*Tyto alba*) nel Mugello (Firenze) in relazione ai fattori ambientali. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali*, Torino. 16 (1-2): 39-58.
- DE MARCHI A. & SARTORI F., 1991 - La stima dell'home range in *Tyto alba* Scop. *Atti Società italiana di Ecologia*, 12: 445-448.
- EVANS F.C. & EMLEN J.T.J., 1947 - Ecological Notes on the Prey selected by a Barn Owl. *The Condor*, 49 (1): 3-9.
- FILIPUCCI M.G., CRISTALDI M., TIZI L. & CONTOLI L., 1984 - Dati morfologici e morfometrici in popolazioni di *Apodemus* (*Sylvemus*) dell'Italia centro-meridionale determinati elettroforeticamente. *Supplemento Ricerche Biologia della Selvaggina*, 9: 85-126.
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ M., 2001 - Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas. *Global Ecology and Biogeography*, 10: 189-204.
- LOVARI S., RENZONI A. & FONDI R., 1976 - The predatory habits of the Barn owl (*Tyto alba* Scopoli, 1769) in relation to the vegetation cover. *Bollettino di Zoologia*, 43: 173-191.
- MANNINI D., 1990 - Il popolamento microteriologico del Delta del fiume Po. *Università degli studi di Parma, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Corso di Laurea in Scienze Naturali*. Tesi di Laurea anno accademico 1989-90.
- MASSETTI L. & MAZZOTTI S., 2013 - Clima, mutamenti climatici ed effetti sulle biocenosi. Il Progetto Climaparks. *Quaderni del Museo civico di Storia Naturale di Ferrara*, 1: 81-89.
- MAZZOTTI S. & DAVI L., 2003 - Dinamiche stagionali della nicchia trofica del barbagianni, *Tyto alba*, in Pianura Padana. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara*, 6: 67-77.
- MAZZOTTI S., TIOZZO E. & FASANO D., 2007 - Origini e rappresentatività tassonomica delle collezioni teriologiche del Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara*. 9/10: 111-133.
- MENNE B. & EBI K.L., 2006 - *Vector- and Rodent-borne Diseases*. In: Menne B. & Ebi K.L. (Eds.) *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopff, Verlag, Darmstadt.
- MORITZ C., PATTON L. J., CONROY, J. C., PARRA L. J., WHITE C. G. & BEISSINGER R. S., 2008 - Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science*, 322: 261-264.
- NAPPI A., 2001 - *I micromammiferi d'Italia*. Simone editore: 1-111.
- NIETHAMMER J. & KRAPP F., 1978a - *Handbuch der Säugetiere Europas*. Band 1, *Nagetiere I*, (*Sciuridae, Castoridae, Gliridae, Muridae*). Aula Verlag, Wiesbaden: 201-451.
- NIETHAMMER J. & KRAPP F., 1978b - *Handbuch der Säugetiere Europas*. Band 3, *Nagetiere I*, (*Erinaceidae, Talpidae, Soricidae, Ceropithecidae*). Aula Verlag, Wiesbaden: 93-484.
- PETRETTI F., 1977 - Seasonal food habits of the Barn Owl in an area of central Italy. *Le Gerfaut*, 67: 225-233.
- SUPRANI L., 1985 - Il Popolamento faunistico a micromammiferi del Delta del Po e della Pianura Ferrarese. *Università degli studi di Ferrara, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Corso di laurea in Scienze Naturali*. Tesi di Laurea accademico 1984-85: 80 pp.

- SZPUNAR G., ALOISE G., MAZZOTTI S., NIEDER L. & CRISTALDI M., 2008 - Effects of global climate change on small mammal communities in Italy. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (9b): 1526-1533.
- TABERLET P., 1983 - Évaluation du rayon d'action moyen de la chouette effraie, *Tyto alba* (Scopoli, 1769), a partir de ses pelotes de réjection. *Terre et Vie*, 38: 171-177.
- TAYLOR I., 1994 - *Barn Owls, predator-prey relationships and conservation*. Cambridge University Press: 324 pp.
- TOSCHI A., 1959 - *Mammalia. Insectivora-Chiroptera*: 65-186. In: *Fauna d'Italia*. A cura di Toschi A. & Lanza B., vol. IV, Calderini Editore, Bologna.
- TOSCHI A., 1965. *Mammalia. Lagomorpha-Rodentia-Carnivora-Artiodactyla-Cetacea*: 48-238. In: *Fauna d'Italia*. A cura di Toschi A., vol. VII, Calderini Editore, Bologna.
- YANNIC G., PELLISSIER L., DUBÉY S., VEGA R., BASSER P., MAZZOTTI S., PECCHIOLE E., VERNESI C., HAUFFE H. C., SEARLE J. B. & HAUSER J., 2011 - Multiple refugia and barriers explain the phylogeography of Valais shrew, *Sorex antinori* (Mammalia: Soricomorpha). *Biological Journal of the Linnean Society*, 105: 864-880.

