

TECNICHE STATISTICHE DI ANALISI MULTIVARIATA
APPLICATE SU PARAMETRI MORFOLOGICI RILEVATI
IN RODITORI SELVATICI

MULTIVARIATE ANALYSIS APPLIED TO MORPHOLOGICAL,
PARAMETERS IN WILD RODENTS

GIANFRANCO CAVEDON(*), MAURO CRISTALDI(**)
& FERNANDO PASQUALUCCI(***)

SUMMARY

Several techniques in multivariate analysis were applied in concert to evaluate the environmental impact by means of biological indicators (Murine Rodents). Morphometric and epigenetic characters, especially of the skull, have been recorded bilaterally in order to detect possible alterations in the homeostatic mechanisms of development. To this purpose, 120 murines have been captured in three different sites (Due Ponti Tevere, Colleferro, Palombara Sabina); 12 morphometric (quantitative) variables and 15 epigenetic (qualitative) characters have been considered. The first set of variables has been analyzed by a sequence of one-way and two-way analysis of variance. Subsequently these characters have been classified firstly into two groups (asymmetry, symmetry) and then in three (left asymmetry, symmetry, right asymmetry). The qualitative characters were classified into four groups (left ill-formed/ right ill-formed; left ill-formed/right regular; left regular/right ill-formed; left regular/right regular). The logit linear and the log-linear models have been applied in order to investigate on their dependence upon the stratification factor (Locality) and the structural variables (Species, Age, Sex). Finally, the entire set of epigenetic and morphometric variables (these were recorded in five levels of asymmetry) has been studied by means of multiple correspondence analysis, considering the stratification and structural factors as supplementary variables in the same analysis. The presence of a "noise" in the fenetic homeostasis stands out from statistical results especially in Palombara Sabina, an area subjected to agricultural impact. The combined utilization of these techniques defines a "strategy of analysis" which turned out to be very fruitful in environmental surveys.

Key words: Rodentia, Epigenetic characters, Morphometrics, Bioindicators, Multivariate Analysis

- (*) Dipartimento di Statistica, Probabilità e Statistica Applicata, Università di Roma "La Sapienza", P.le Aldo Moro 5, 00185 Roma.
- (**) Dipartimento di Ecologia, Università della Calabria, 87030 Arcavacata di Rende (Cosenza).
- (***) Associazione Teriologica Romana, Casella Postale 7249, 00100 Roma.

RIASSUNTO

Al fine delle valutazioni di impatto **ambientale** tramite indicatori biologici (Rodentia, **Murinae**) vengono introdotte differenti tecniche di analisi multivariata allo **scopo** di individuare **metodologie** statistiche da impiegare nello studio morfologico. In particolare **sui** crani degli esemplari **sono** stati rilevati **bilateralmente** caratteri morfometrici ed epigenetici allo **scopo** di **evidenziare** eventuali alterazioni **controlaterali** del normale equilibrio **omeostatico** **imputabili** a stress **ambientali** (**località**) o ad altre cause strutturali (specie, età, **sesso**). Sono stati catturati **120 Murini** in **tre** località differenti (Due Ponti-Tevere, Colleferro, Palombara Sabina) su cui **sono** state **rilevate** **12** variabili morfometriche (quantitative) e **15** variabili epigenetiche (**qualitative**). La matrice delle variabili è stata analizzata tramite l'**Analisi** della **varianza** ad **1** e **2** **V_e**, il Modello logistico ed il Modello **log-lineare**. **Infine** è stato studiato l'intero insieme delle variabili morfometriche ed epigenetiche attraverso l'**Analisi** delle corrispondenze multiple. Dai risultati statistici emerge la presenza di disturbi **sull'omeostasi** fenetica riscontrati soprattutto in località Palombara Sabina, interessata da impatto di origine **agricola**.

Parole chiave: Rodentia, Caratteri epigenetici, Morfometria, Bioindicatori, Analisi multivariata.

INTRODUZIONE

Il presente lavoro è rivolto **alla** messa a punto di metodologie statistiche utili ai fini di una **corretta** valutazione dell'impatto ambientale tramite indicatori biologici quali "prove d'ambiente" (**sensu** Maccacaro, 1976).

L'attuale notevole interesse per tali procedure si basa sulla constatazione che la protezione ambientale deve necessariamente entrare nella fase di superamento della **settorializzazione** per arrivare finalmente, tramite l'approccio **interdisciplinare**, ad **una** risoluzione dell'impatto ambientale correttamente strutturata **avvalendosi** di metodiche e di impostazioni statistiche e bio-matematiche che consentano di fornire agli Enti pubblici ricostruzioni dinamiche della situazione (Blasi et al., 1982).

Grazie dunque alla collaborazione tra biologi e statistici, programmata sin dalla fase iniziale del lavoro, e dall'approfondimento di numerose conoscenze nel campo della "variabilità" biologica (caratteri morfometrici ed epigenetici), la morfologia evolutiva ha potuto intraprendere ricerche sulla complessità dei sistemi biologici risalendo alle cause genetiche o ambientali delle variazioni di determinati caratteri (Cavedon, 1982; Ieradi et al., 1984; Cristaldi et al., 1985 b, 1985 c; Amori & Pasqualucci, 1987).

Lo studio delle **asimmetrie** è volto all'**individuazione** di una possibile metodologia, abbastanza sensibile e veloce, che possa dare indicazioni attendibili su eventuali danni biologici in popolazioni naturali di Roditori esposti d'azione di diversi inquinanti ambientali, da affiancarsi ad analisi ormai divenute di **routine**, come quelle applicate in campo mutagenetico

attraverso il test dei micronuclei e delle anomalie spermatiche (Cristaldi et al., 1981; Cristaldi & Lombardi Boccia, 1982; Caronna & Parisi, 1983; Ieradi et al., 1984; Cristaldi et al., 1985 a, 1985 b; Paradisi et al., 1986; Cristaldi et al., 1986; Cristaldi et al., 1990), oltre che individuare un valido punto di riferimento nelle indagini condotte su scala territoriale (e.g. vegetazione e microterioecosi: Blasi et al., 1982; Ieradi et al., 1984; Amori & Pasqualucci, 1987).

Il presupposto concettuale da cui si parte è che in popolazioni selvatiche viventi in aree sottoposte a forte pressione selettiva, quali ad esempio quelle sottoposte ad elevata radioattività (cfr.: Gruneberg et al., 1966; Temme & Jackson, 1978), le alterazioni tendono ad aumentare fino ad un teorico raggiungimento, nei tempi lunghi dell'evoluzione, di un certo livello di omeostasi per i caratteri morfologici (cfr. Thoday, 1958); le eventuali alterazioni dell'equilibrio omeostatico ci permettono pertanto di utilizzare queste popolazioni come indicatori biologici e di stimare statisticamente, tramite la comparazione dei risultati che si ottengono dalla loro correlazione, il relativo danno.

Materiale d'elezione per tali studi si rivelano i Roditori, in quanto Mammiferi prolifici, ubiquitari e tendenzialmente onnivori, che li rende nella rete alimentare terrestre un diffuso "filtro" animale delle sostanze inquinanti ambientali (Cristaldi & Lombardi Boccia, 1982). Le ricerche di laboratorio nei settori applicativi farmacologico, radioecologico e mutagenetico rendono questi Mammiferi i più adatti a comparazioni ed estrapolazioni con la specie umana.

Le conoscenze sui ceppi puri di *Mus musculus domesticus* (sensu Marshall, 1986) e *Rattus norvegicus* hanno infatti raggiunto livelli soddisfacenti dal punto di vista fenotipico, genotipico e fisiologico, rendendo questi animali di laboratorio un materiale insostituibile per le ricerche di base (Farris & Griffith, 1949; Green, 1966; Berry, 1981; Festing & Lovell, 1981; Sage, 1981). Il fatto poi che le forme selvatiche di queste specie siano diffusamente presenti nelle aree antropizzate mediterranee (Amori et al., 1986) incoraggia le ricerche proprio su tali popolazioni naturali (cfr. Cristaldi & Federici, 1980).

Nei ceppi di laboratorio, abitualmente studiati nelle ricerche sulla variabilità genetica, una forte selezione direzionale è operata dall'uomo che in tal senso si awaie del drift genetico dovuto all'effetto del fondatore; tale situazione (cfr. Festing & Lovell, 1981) accomuna questi ceppi marcatamente omogenei dal punto di vista fenetico alle popolazioni geneticamente chiuse (e.g. isolati geografici); ne consegue un aumento dell'omozigosità che, a sua volta, comporta un aumento di asimmetria riferibile a cause genetiche (cfr. Searle, 1954).

Le asimmetrie scheletriche possono schematicamente essere riunite in tre categorie (Van Valen, 1962):

- 1 - **Asimmetria direzionale.** Interviene quando si ha uno sviluppo maggiore del carattere su una parte del piano *o* dei piani di simmetria rispetto agli altri (e.g. cuore dei Vertebrati Tetrapodi).
- 2 - **Antiasimmetria.** La asimmetria è normalmente presente ma è variabile con il maggiore sviluppo di una parte (e.g. ambidestri nella specie umana).
- 3 - **Asimmetria fluttuante.** Ubiquitaria, risulta dall'incapacità degli organismi di svilupparsi per tappe determinate in modo preciso.

In generale i cambiamenti su ciascun lato non hanno un andamento direzionale, ma l'espressione della simmetria è il risultato complessivo di diversi fattori, che fanno in modo che ogni carattere fenetico preso in considerazione possa differire bilateralmente. Quindi, partendo da un ipotetico fenotipo stabile, l'ampiezza della distribuzione dipenderà dalla frequenza e dall'intensità del disturbo locale, dalla relativa influenza sulle interazioni genotipo/fenotipo, nonché dalla capacità del genotipo stesso di ristabilire un equilibrio di sviluppo (Soulé, 1967,1979; Pankakoski, 1985).

Da quanto detto sono l'asimmetria fluttuante e, al limite, l'antiasimmetria che maggiormente interessano i nostri studi di variabilità. L'asimmetria fluttuante è intesa come incapacità dell'organismo di organizzarsi e svilupparsi in modo preciso seguendo una strada determinata (cfr. Ludwig, 1932) ed è un processo che Mather (1953) interpreta asserendo che essa fornisce un mezzo per determinare i processi di stabilizzazione genetica dello sviluppo; essa sarebbe quindi un riflesso della instabilità e logicamente il disturbo locale che determina l'asimmetria può derivare sia da differenze di origine ambientale, sia da sconvolgimenti dello sviluppo e del differenziamento, nonché da cause più strettamente legate alla informazione genetica (Thorpe, 1981). I caratteri epigenetici, per la loro bassa percentuale di ereditabilità (Self & Leamy, 1978), risultano essere ottimi indicatori ambientali. Da circa un ventennio costituiscono l'oggetto di una feconda letteratura scientifica (Berry & Searle, 1963; Berry, 1968; Patton, 1975) che ha utilizzato tali caratteri per lo studio sia di dinamiche microevolutive in popolazioni naturali (Berry, 1963) che per la discriminazione di specie sorelle (Hedges, 1969), fino ad arrivare a studi più squisitamente applicativi, nei quali sono stati oggetto di rilevazione allo scopo di indagare sugli effetti provocati da esperimenti nucleari nell'arcipelago polinesiano di Enewetak (Temme & Jackson, 1978; Temme, 1987). Essi sono direttamente correlati con quei meccanismi biologici attraverso i quali l'informazione ereditaria, durante il corso dell'ontogenesi, viene sfruttata nella formazione del corpo. Quindi i

processi epigenetici risultano interdipendenti dal punto di vista causale, di modo che *ogni* particolare alterazione che va dall'informazione genetica e, passando per il differenziamento e l'organogenesi, arriva all'espressione fenetica, può indicare un effetto collaterale su altre caratteristiche morfologiche dell'individuo.

MATERIALE E METODI

I Roditori studiati sono stati selezionati secondo quattro fattori:

- Strutturali: Specie, Età e Sesso;
- Stratificazione: Località di cattura.

Quest'ultimo è il fattore che più interessa per lo studio comparato delle aree: i territori considerati assumono significati diversi in rapporto al livello ed al tipo di inquinamento riscontrabile in essi.

I dati derivanti da una serie di analisi di routine effettuate sui corsi d'acqua della Provincia di Roma (IRSA, 1978; Sanna & Pelosi, 1981), portano a classificare le aree in tre categorie da cui sono state scelte le seguenti località (cfr. Ieradi et al., 1984):

— Palombara Sabina (PLB), l'area oggetto di studio è situata tra il fosso di Sferracavallo a nord e la via Palombarese a sud in località Marzolano. Questo comprensorio, con una superficie di circa sei ettari complessivi, è caratterizzato dalla presenza di due stagni inizialmente sorti per scopi irrigui e successivamente utilizzati per attività di piscicoltura. Quest'area, inserita in un contesto antropizzato dove prevalgono colture agricole e uno sviluppo edilizio non pianificato, si trovava in uno stato di semiabbandono. Il trappolamento è stato effettuato nel periodo dal 18 al 25 ottobre 1981 sulle sponde dei due bacini e all'interno di un prefabbricato facente anch'esso parte del comprensorio in esame;

— Colleferro (CF), un'area a conduzione industriale in cui il territorio è caratterizzato dalla presenza dei maggiori insediamenti industriali della Provincia di Roma: la Snia e l'Italcementi. Il fiume Sacco inoltre, che percorre il territorio comunale per un breve tratto, raccoglie i liquami dei centri abitati circostanti oltre ai reflui provenienti da stabilimenti enologici, frantoi e colture agricole (Sanna & Pelosi, 1981). Il tratto di fiume esaminato in questo studio è quello delimitato a monte dalla confluenza del fosso Cupo, che riceve le acque provenienti dalla Snia e a valle dalla confluenza del fosso Gavozza dove vengono immesse quelle provenienti dalla rete idrica dell'abitato di Colleferro. Il trappolamento è stato eseguito nel periodo dal 22 al 26 novembre 1981;

— Roma, località Due Ponti Tevere (DPT), l'area studiata è quella compresa tra la confluenza del fosso della Crescenza con il fosso

dell'Acquatraversa e lo sbocco di questo nel fiume Tevere. È quindi un'area caratterizzata principalmente dalla presenza di scarichi urbani di parte della zona Nord di Roma e solo secondariamente di scarichi agricoli. La cattura degli esemplari è stata effettuata su entrambe le sponde del fosso dell'Acquatraversa oltre che sulla riva destra del fiume Tevere sia a valle che a monte dell'immissione del fosso stesso, nel periodo tra il 30 ottobre ed il 3 novembre 1981.

Gli esemplari esaminati divisi in base ai 4 fattori esplicativi (Località, Sesso, Specie e età) sono riportati in Tab. 1.

L'età di ogni singolo esemplare è stata determinata utilizzando principalmente il metodo dell'erosione dei tubercoli dentari (sec. Adamezewska-Andrezejwska, 1967; Birkan, 1968; Karnoukhova, 1971; Keller, 1974) integrato con la valutazione della lunghezza testa-corpo, con quella del peso e dell'aspetto generale del cranio (Cristaldi & Lombardi Boccia, 1982); tale metodologia consente una accettabile discriminazione delle quattro classi di età comuni alle diverse specie che rappresentano il periodo di permanenza in loco (meno di 3 mesi = GIOV; tra 4 e 5 mesi = SUBAD; tra 6 e 11 mesi = ADUL; dai 12 mesi in poi = VECC).

Le variabili studiate sono di natura craniometrica ed epigenetica.

Quelle craniometriche sono state rilevate su ambedue i lati del cranio per ognuno dei 120 esemplari esaminati, appartenenti a tre specie murine (*Rattus norvegicus*, *Mus musculus domesticus*, *Apodemus sylvaticus*), sia con calibro al nonio ventesimale Mauser che con curvimetro dopo aver disegnato i profili di erosione dentaria, mediante camera lucida montata su microscopio stereoscopico Wild.

Da queste misure controlaterali abbiamo ottenuto una nuova variabile semplicemente eseguendo il rapporto tra la misura di destra su quella di

Tab. 1 - Distribuzione degli esemplari esaminati nei tre siti in rapporto ai fattori di stratificazione (Località) e strutturali (Sesso: M, F; Specie: *R.n.*, *A.s.*, *M.m.d.*; Età: GIOV, SUBAD, ADUL, VECC).

Distribution of specimens by stratification factors (Locality) and structural factors (Sex: M, F; Species: R.n., A.s., M.m.d.; Age: GIOV, SUBAD, ADUL, VECC).

LOC	NUM.	M	F	<i>R.n.</i>	<i>A.s.</i>	<i>M.m.d.</i>	GIOV	SUBAD	ADUL	VECC
PLB	30	22	8	6	17	7	16	11	1	2
CF	54	36	18	5	37	12	26	17	7	4
DFT	36	25	11	7	10	19	13	16	4	3
TOT	120	83	37	18	64	38	55	44	12	9

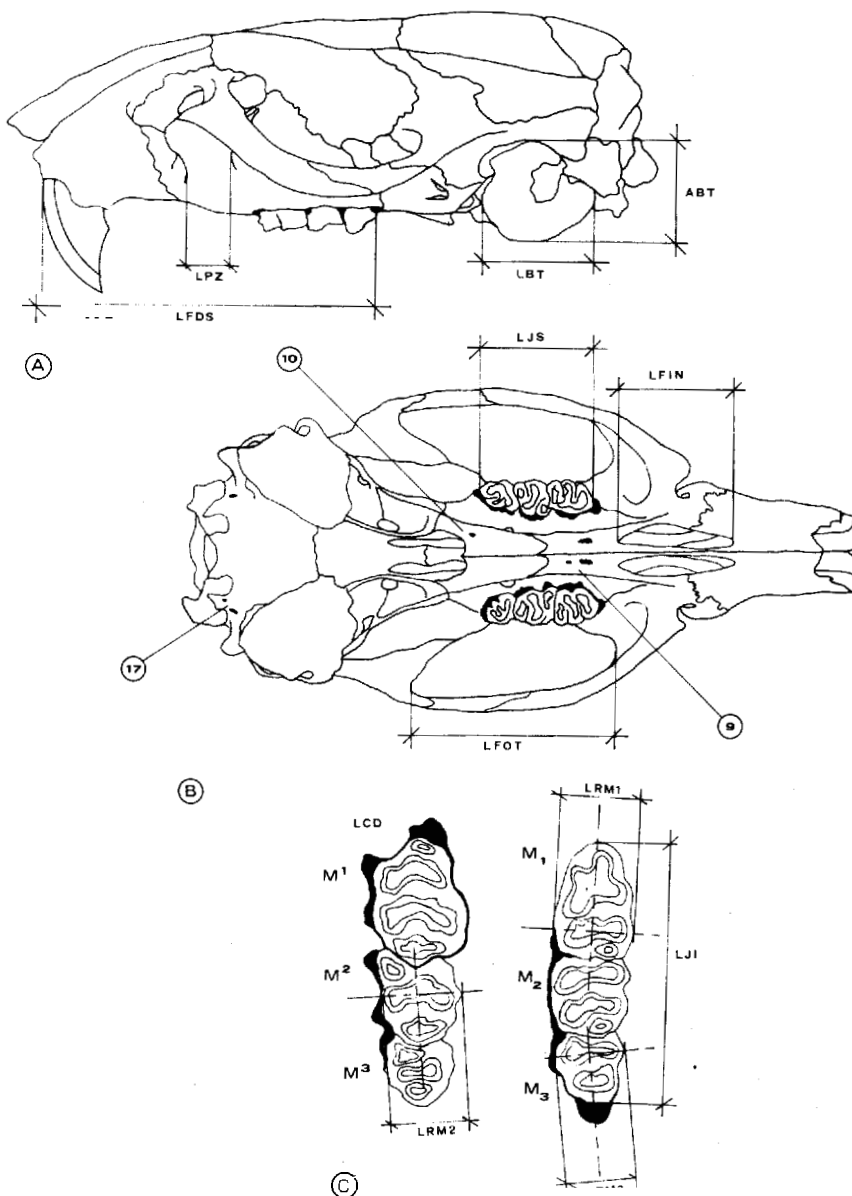


Fig. 1 – Misure craniometriche e caratteri epigenetici cranici (numeri 9-10-17 sec. Hedges, 1969) rilevati controlateralmente sugli esemplari catturati nei tre siti studiati (per il significato delle sigle cfr. testo). A titolo esemplificativo vengono riportati solo gli schemi relativi al genere *Rattus* (modificato da Musser, 1970). A - aspetto laterale; B - aspetto ventrale; C - profili molari mascellare e mandibolare sinistri.

Skull measurements and epigenetic characters observed bilaterally in captured specimens (explanations for abbreviations in text). As an example, a skull of Rattus is shown (Musser, 1970, modified). A - lateral view; B - ventral view; C - left maxillary and mandibular molar profiles.

sinistra per 100. Quindi se tale variabile risulta essere inferiore o uguale a **99,50** viene considerata empiricamente un indice di asimmetria sinistra, ovvero di simmetria se è compresa tra **99,51** e **100,50**, ed infine di asimmetria destra se è superiore o uguale a **100,51**.

Le variabili così ottenute vengono elencate qui di seguito e riportate in Fig. 1 (A, B e C):

- Lunghezza della fossa orbito-temporale (**LFOT**)
- Larghezza della piastra zigomatica (LPZ)
- Lunghezza della fila dentale superiore (LFDS)
- ~~Lunghezza~~ della bulla timpanica (LBT)
- Altezza della bulla timpanica (ABT)
- Lunghezza dell'asse maggiore della corona jugale superiore (LJS)
- Lunghezza dell'asse maggiore della corona jugale inferiore (LJI)
- Perimetro della corona dentale M^1 (**LCD**)
- Lunghezza forame incisivo (LFIN)
- ~~Larghezza massima~~ dei molari inferiori **Mi** (LRM1)
- Lunghezza massima del molare inferiore **m3** (LRM3)
- ~~Larghezza massima del~~ molare superiore M^2 (**LRM2**)

I caratteri epigenetici, caratterizzati da una elevata variabilità contro-laterale, sono stati considerati e classificati tramite l'ausilio del microscopio stereoscopico Wild, ognuno in quattro classi (malformato sinistro/malformato destro; malformato sinistro/regolare destro; regolare sinistro/malformato destro; regolare sinistro/regolare destro) e suddivisi in:

A) **Creste palatali intermolari (Fig. 2)**

- Cresta palatale intermolare 1
- Cresta palatale intermolare 2
- Cresta palatale intermolare 3
- Cresta palatale intermolare 4
- Cresta palatale intermolare 5
- Denticoli accessori

B) **Callosità plantari (Fig. 3)**

- Callosità plantare anteriore in posizione (1)
- Callosità plantare anteriore in posizione (4)
- Callosità plantare anteriore aggiuntiva
- Callosità plantare posteriore in posizione (5)
- Callosità plantare posteriore in ~~posizione~~ (4)
- Callosità plantare posteriore aggiuntiva

C) **Forami cranici (Fig. 1-B)**

- Forame palatino majus doppio (9)
- Forame palatino **minus** anteriore assente (10)
- Forame **ipoglosso** singolo (17)

I dati relativi ai 120 esemplari ordinati in base ai quattro fattori di stratificazione e di struttura (**B**) e alle 12 variabili quantitative morfome-

triche (X), nonché alle 15 variabili qualitative epigenetiche (A), si possono ritenere come formanti altrettante sottomatrici affiancate l'una all'altra, in modo da ottenere un'unica matrice di natura mista, come segue:

$$D = (B, X, A)$$

L'analisi statistica è stata articolata nelle seguenti fasi:

- elaborazione della matrice

$$Q = (B, X)$$

con la tecnica dell'Analisi della varianza sia semplice che doppia per ciascuna delle 12 variabili morfometriche, al fine di verificare se la loro

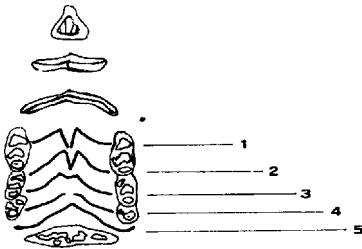


Fig. 2 - Schema delle creste palatali nel genere *Rattus* (cfr. Temme & Jackson, 1978): codifica numerica delle sole creste intermolari esaminate controlateralmente.
Palatal ridges in Rattus (cfr. Temme & Jackson, 1978): numerical code of the intermolar ridges only examined for heterolateral side.

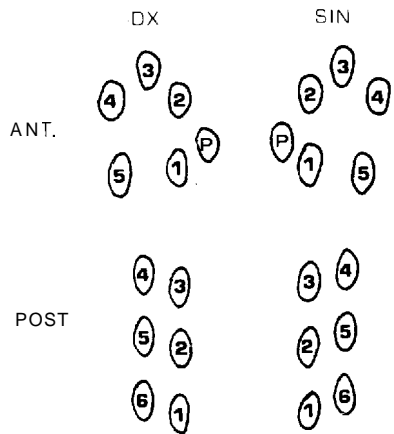


Fig. 3 - Schema delle callosità plantari degli arti anteriori e posteriori non esaminate controlateralmente.
Callositas plantaris of the anterior and posterior limb examined for the heterolateral side.

variabilità fosse influenzata e in quale misura dai suddetti fattori;

– classificazione di questi caratteri quantitativi prima in due livelli (presenza o assenza di asimmetria) ottenendo la matrice \underline{X}^* , poi in tre livelli (asimmetria sinistra, simmetria, asimmetria destra), ottenendo la matrice \underline{X}^{**} ;

– esecuzione dell'analisi statistica sulla matrice

$$\underline{C} = (\underline{B}, \underline{X}^*)$$

mediante Modello logistico, per verificare se la probabilità dell'evento asimmetria, esaminato per ciascuna delle 12 nuove variabili qualitative, dipendesse statisticamente dalla Località, dall'Età, dalla Specie e dal Sesso considerate simultaneamente come Variabili esplicative;

– applicazione del Modello multinomiale sulla matrice

$$\underline{C}^* = (\underline{B}, \underline{X}^{**})$$

per studiare se l'asimmetria sinistra, la simmetria e l'asimmetria destra fossero statisticamente in funzione dei suddetti fattori, cercando in tal modo di individuare "profili caratteristici";

– nuova classificazione dei caratteri morfometrici in cinque livelli (asimmetria sinistra, lieve asimmetria sinistra, simmetria, lieve asimmetria destra, asimmetria destra) ottenendo la matrice \underline{X}^{***} , alla quale è stata affiancata quella dei caratteri epigenetici, ricavando l'ultima matrice della nostra analisi, ossia

$$\underline{C}^{**} = (\underline{B}, \underline{X}^{***}, \underline{A})$$

la quale è stata **analizzata** con l'Analisi fattoriale delle corrispondenze multiple, considerando prima tutte le 27 variabili, poi separatamente quelle morfometriche e quelle epigenetiche, assumendole entrambe sempre attive, mentre i quattro fattori "sperimentali" sono stati considerati sempre come variabili supplementari;

– applicazione, infine, su queste stesse variabili, del Modello probabilistico log-lineare per meglio individuare eventuali relazioni strutturali.

In questo lavoro sono riportati i risultati dei modelli probabilistici dell'Analisi della varianza, del Modello logistico e di quello esplorativo dell'Analisi delle corrispondenze multiple; i risultati dettagliati e le metodologie statistiche impiegate, verranno illustrate in un lavoro successivo.

RISULTATI

ANALISI DELLA VARIANZA

Dai risultati ottenuti con l'Analisi della varianza (Tab. 2) si riscontra che il fattore Località influenza statisticamente solo la variabile "Lunghezza della fossa orbito-temporale" (LFOT) con il livello di significatività $\alpha' = 0,04$. Dall'analisi dei valori medi nelle tre località (PLB, CF, DPT) si nota che la prima è caratterizzata da una leggera asimmetria con preponderanza destra (100,95), le altre due invece da una leggerissima preponderanza sinistra (99,37; 99,31).

Considerando il secondo fattore Età, notiamo che esso influenza solo la variabile "Lunghezza dell'asse maggiore della corona jugale inferiore" (LJI), con $\alpha' = 0,02$. Analizzando i valori medi delle quattro età, riscontriamo che mentre i GIOVANI denunciano presenza di simmetria (99,64), tutte le altre tre età (SUB-ADULTO, ADULTO, VECCHIO), ma soprattutto i VECCHI, denotano la presenza di preponderanza sinistra (98,60; 97,62; 97,22).

Per quanto riguarda il fattore Specie, esso influenza solo le due seguenti variabili: "Lunghezza dell'asse maggiore della corona jugale superiore" (LJS) e LFOT. Notiamo nella prima variabile (significatività $\alpha' = 0,02$) una notevole preponderanza sinistra nella specie *R. norvegicus* (98,44); nelle altre due specie (*A. sylvaticus* e *M. m. domesticus*), la presenza di simmetria (99,55; 100,59). Per la seconda variabile (significatività $\alpha' = 0,03$), invece, la preponderanza sinistra è presente nella specie *M. m. domesticus* (98,68), mentre nelle altre due (*R. norvegicus* e *A. sylvaticus*) vi è simmetria (100,41; 100,18).

Infine l'ultimo fattore Sesso non esercita influenza su nessuna variabile morfometrica.

MODELLO LOGISTICO

Abbiamo considerato per tale modello solo le due variabili che sono risultate significative dall'Analisi della varianza, ossia LFOT e LJS.

Dalla Tab. 3 si osserva che per la prima variabile la probabilità che si verifichi l'asimmetria dipende statisticamente solo dal Sesso ($\alpha' = 0,0441$) ed in particolare da quello maschile. Per la variabile LJS la probabilità che l'asimmetria dipenda dalla Specie è al limite della significatività statistica ($\alpha' = 0,0558$) ed è più alta per le specie *R. norvegicus* e *M. m. domesticus*, come si deduce dall'analisi dei coefficienti di regressione.

Tab. 2 – Risultati dell'analisi della varianza ad un fattore delle variabili craniometriche statisticamente significative.

Statisticaly significant skull variables using a one-way analysis of variance.

FATTORI	D.F.	F DI FISHER	LIVEL. SIGNIF.(α')	LIVEL. FATTORI	N. OSSERV	VALORI MEDI
ANOVA - LFOT						
LOC	2;117	3.30	0.0403	PLB	30	100.9466
				CF	54	99.3651
				DPT	36	99.3055
SEX	1;118	0.27	0.6041	M	83	99.6466
				F	37	99.9581
ETA	3;116	0.83	0.4824	GIOV	53	100.1157
				SUBAD	45	99.5982
				ADUL	13	98.6876
				VECC	9	99.8240
SPEX	2;117	3.60	0.0303	R.n.	18	100.4111
				A.s.	64	100.1833
				M.m.d.	38	98.6839
MEDIA GENERALE						99.7427
ANOVA - LJI						
LOC	2;117	1.99	0.1413	PLB	30	98.7516
				CF	54	99.3637
				DPT	36	98.1741
SEX	1;118	0.01	0.9342	M	83	98.8680
				F	37	98.8218
ETA	3;116	3.566	0.0164	GIOV	53	99.6440
				SUBAD	45	98.5956
				ADUL	13	97.6238
				VECC	9	97.2167
SPEX	2;117	0.74	0.4775	R.n.	18	98.5563
				A.s.	64	99.1520
				M.m.d.	38	98.5081
MEDIA GENERALE						98.8499
ANOVA - LJS						
LOC	2;117	1.67	0.1931	PLB	30	99.5090
				CF	54	99.4561
				DPT	36	100.2708
SEX	1;118	1.24	0.2686	M	83	99.8628
				F	37	99.3791
ETA	3;116	1.73	0.1644	GIOV	53	99.6040
				SUBAD	45	100.2173
				ADUL	13	98.8900
				VECC	9	99.0890
SPEX	2;117	6.789	0.0016	R.n.	18	98.4367
				A.s.	64	99.5539
				M.m.d.	38	100.5889
MEDIA GENERALE						99.7141

ANALISI DELLE CORRISPONDENZE MULTIPLE

Come *già* detto, per tale analisi abbiamo considerato attive le variabili morfometriche ed epigenetiche e come supplementari i fattori Località, Specie, Età e Sesso; inoltre non sono state considerate le modalità con frequenze inferiori o uguali a 4 per una maggiore robustezza dei risultati.

in un approccio preliminare all'analisi esaminiamo solo il piano fattoriale ottenuto con il primo e secondo asse (Fig. 4). Risultano nette le contrapposizioni, per quanto riguarda le creste intermolari, tra le modalità "malformato-malformato" (I e IV quadrante) e quelle "regolare-regolare" (II e III quadrante).

il fatto che la stessa tipologia risulta per ognuna delle cinque creste intermolari, denota che la presenza di irregolarità in una cresta palatale è spesso associata a malformazioni delle altre creste, determinando una particolare struttura di alterazione fenotipica.

Analoga situazione si ha per le callosità plantari, anche se in modo meno accentuato. Il fatto che la località Due Ponti Tevere si trovi nel baricentro dimostra un elevato equilibrio sia per i caratteri epigenetici

Tab. 3 - Analisi della varianza relativa al modello logistico per la Lunghezza della fossa orbito-temporale (LFOT) e per la Lunghezza dell'asse maggiore della corona jugale superiore (LJS).

Analysis of the variance by the logit linear model for the fossa orbitotemporal length (LFOT) and for the major axis length of upper the jugal crown (LJS).

VARIABILE ESPLICAT.	F Di FISHER	D. F.	SIGNIFIC.(α')	COEFF. REGRESS.	
LFOT					
LOC	0.92	2;117	0.4022		
SEX	4.14	1;118	0.0441	M	0.5484
				F	-0.5484
ETA	0.39	3;116	0.7601		
SPEX	1.27	2;117	0.2859		
LJS					
LOC	0.83	2;117	0.4392		
SEX	0.00	1;118	0.9530		
ETA	0.29	3;116	0.8353		
SPEX	2.96	2;117	0.0558	R.n.	0.6465
				A.s.	-0.7662
				M.m.d	0.11%

1	LOC LOCALITA' DI CATTURA PLBR = PALOMBANA SABINA	CLTR = COLLEFHNH	4 MODALITES I JUV = DUE PONTI TEVERE
2	SEX SESSO NASC = MASCHIO	FEMM = FEMMINA	2 MODALITES I
3	ETA ETA GIOV = GIOVANE	SUBA = SUBADULTO	4 MODALITES I ADUL = ADULTO "ECC = VECCHIO
4	SPEX SPECIE RATT = RATTUS RATTUS	APOD = APODEMUS SYLVATICUS	2 MODALITES I MUSD = MUS DOMESTICUS
5	CR1 CRESTA PALATALE INTERMOLARE 1 RRC1 = REGOLARE-REGOLARE	MRC1 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMC1 = REGOLARE-MALFORMATO MMC1 = MALFORMATO-MALFORMATO
6	CR2 CRESTA PALATALE INTERMOLARE 2 RRC2 = REGOLARE-REGOLARE	MRC2 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMC2 = REGOLARE-MALFORMATO MMC2 = MALFORMATO-MALFORMATO
7	CR3 CRESTA PALATALE INTERMOLARE 3 RRC3 = REGOLARE-REGOLARE	MRC3 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMC3 = REGOLARE-MALFORMATO MMC3 = MALFORMATO-MALFORMATO
8	CR4 CRESTA PALATALE INTERMOLARE 4 RRC4 = REGOLARE-REGOLARE	MRC4 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMC4 = REGOLARE-MALFORMATO MMC4 = MALFORMATO-MALFORMATO
9	CR5 CRESTA PALATALE INTERMOLARE 5 RRC5 = REGOLARE-REGOLARE	MRC5 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMC5 = REGOLARE-MALFORMATO MMC5 = MALFORMATO-MALFORMATO
10	DA DENTICOLI ACCESSORI DEL PALATO RMDA = REGOLARE-REGOLARE	MMDA = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMDA = REGOLARE-MALFORMATO MMDA = MALFORMATO-MALFORMATO
11	CPA1 CALLOSITA' PLANTARE ANTERIORE 1 RRA1 = REGOLARE-REGOLARE	MRA1 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMA1 = REGOLARE-MALFORMATO MMA1 = MALFORMATO-MALFORMATO
12	CPA4 CALLOSITA' PLANTARE ANTERIORE 4 RRA4 = REGOLARE-REGOLARE	MRA4 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMA4 = REGOLARE-MALFORMATO MMA4 = MALFORMATO-MALFORMATO
13	CPA8 CALLOSITA' PLANTARE ANTERIORE AGGIUNTIVA RRAA = REGOLARE-REGOLARE	MRAA = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMAA = REGOLARE-MALFORMATO MMAA = MALFORMATO-MALFORMATO
14	CPP5 CALLOSITA' PLANTARE POSTERIORE 5 RRP5 = REGOLARE-REGOLARE	MRP5 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMP5 = REGOLARE-MALFORMATO MMP5 = MALFORMATO-MALFORMATO
15	CPP4 CALLOSITA' PLANTARE POSTERIORE 4 RRP4 = REGOLARE-REGOLARE	MRP4 = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMP4 = REGOLARE-MALFORMATO MMP4 = MALFORMATO-MALFORMATO
16	CPPA CALLOSITA' PLANTARE POSTERIORE AGGIUNTIVA RRPA = REGOLARE-REGOLARE	MPPA = MALFORMATO-REGOLARE	4 MODALITES I RMPA = REGOLARE-MALFORMATO MMPA = MALFORMATO-MALFORMATO
17	CE9 FORAME PALAT NO MALUS DOPPIO AS9 = ASSENTE-ASSENTE AS9 = ASSENTE-DOPPIO AS9 = ASSENTE-SINGOLO	SAE9 = SINGOLO-ASSENTE SE9 = SINGOLO-SINGOLO	9 MODALITES I SD9 = SINGOLO-DOPPIO DA9 = DOPPIO-ASSENTE DSE9 = DOPPIO-SINGOLO DDE9 = DOPPIO-DOPPIO
8	DE10 FORAME MINUS ANTERIORE ASSENTE DD10 = FORMA DIVERSA-FORMA	AD10 = ASSENTE-L	4 MODALITES I DA10 = FORMA DIVERSA-ASSENTE AA10 = ASSENTE-ASSENTE
19	DE17 FORAME PROGIOSIO SINGOLO AD17 = ASSENTE-ASSENTE AD17 = ASSENTE-DOPPIO AD17 = ASSENTE-SINGOLO	SA17 = SINGOLO-ASSENTE SS17 = SINGOLO-SINGOLO	9 MODALITES I SD17 = SINGOLO-DOPPIO DA17 = DOPPIO-ASSENTE DSD17 = DOPPIO-SINGOLO DD17 = DOPPIO-DOPPIO
20	PL10F LUNGHEZZA DELLA FOSSA ORBITO-TEMPORALE ASLF = ASIMMETRIA SINISTRA ASLF = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMF = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLF = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDF = ASIMMETRIA DESTRA
21	PLPZ LARGHEZZA DELLA PIASTRA ZIGOMATICA ASLP = ASIMMETRIA SINISTRA ASLP = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMP = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLP = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDP = ASIMMETRIA DESTRA
22	PLFD5 LUNGHEZZA DELLA FILA DENTALE SUPERIORE ASLD = ASIMMETRIA SINISTRA ASLD = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMD = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLD = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDD = ASIMMETRIA DESTRA
23	PLBT LUNGHEZZA DELLA BULLA TIPANICA ASLB = ASIMMETRIA SINISTRA ASLB = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMB = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLB = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDB = ASIMMETRIA DESTRA
24	PABT ALTEZZA DELLA BULLA TIPANICA ASLA = ASIMMETRIA SINISTRA ASLA = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMA = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLA = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDA = ASIMMETRIA DESTRA
25	PLJ5 LUNGHEZZA DELL'ASSE MAGGIORE DELLA CORONA JUGALE SUPERIORE ASLJ = ASIMMETRIA SINISTRA ASLJ = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMJ = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLJ = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDJ = ASIMMETRIA DESTRA
26	PLJ3 LUNGHEZZA DELL'ASSE MAGGIORE DELLA CORONA JUGALE INFERIORE ASLI = ASIMMETRIA SINISTRA ASLI = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMI = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLI = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDI = ASIMMETRIA DESTRA
27	PLCD PERIMETRO DELLA CORONA DENTALE ASLC = ASIMMETRIA SINISTRA ASLC = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMC = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLC = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDC = ASIMMETRIA DESTRA
28	PLIFN LUNGHEZZA FORAME INCISIVO ASLN = ASIMMETRIA SINISTRA ASLN = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIMN = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADLN = LIEVE ASIMMETRIA DES ASDN = ASIMMETRIA DESTRA
29	PLRM1 LARGHEZZA MASSIMA DEL MOLARE INFERIORE M1 ASL1 = ASIMMETRIA SINISTRA ASL1 = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIM1 = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADL1 = LIEVE ASIMMETRIA DES ASD1 = ASIMMETRIA DESTRA
30	PLRM3 LARGHEZZA MASSIMA DEL MOLARE INFERIORE M3 ASL3 = ASIMMETRIA SINISTRA ASL3 = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIM3 = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADL3 = LIEVE ASIMMETRIA DES ASD3 = ASIMMETRIA DESTRA
31	PLRM2 LARGHEZZA MASSIMA DEL MOLARE SUPERIORE M2 ASL2 = ASIMMETRIA SINISTRA ASL2 = LIEVE ASIMMETRIA SIN	SIM2 = SIMMETRIA	5 MODALITES I ADL2 = LIEVE ASIMMETRIA DES ASD2 = ASIMMETRIA DESTRA

Nota 1 - Dizionario delle 31 variabili siglate in base alle 142 modalità considerate per l'Analisi delle corrispondenze multiple.

Codes for the 31 variables classified on the basis of 142 modalities that were subjected to multiple correspondence Analysis.

che per quelli morfometrici e, quindi, può essere considerata, per questa analisi, come località di controllo.

Gi esemplari provenienti da Colleferro si dispongono intorno a situazioni di regolarità per i caratteri epigenetici, e ad una situazione di lieve asimmetria per quelli morfometrici in una zona della figura contraddistinta, altresì, dalla presenza dell'età adulta.

Interessante è la situazione di Palombara Sabina caratterizzata da fenomeni di irregolarità (area A della Fig. 4), in modo particolare per le cinque creste intermolari. Si nota inoltre una contrapposizione della specie *Mus m. domesticus* nei confronti di *Rattus norvegicus*; la prima è infatti collocata nel I quadrante, in una situazione di malformazione bilaterale dei caratteri epigenetici (area E della Fig. 4), mentre la seconda è disposta nel III quadrante, in una situazione di asimmetria di presenza per gli stessi caratteri (area C della Fig. 4). *Apodemus sylvaticus* si dispone invece verso il baricentro (area D della Fig. 4), in una situazione di regolarità dei caratteri epigenetici.

CONCLUSIONI

L'approccio di tipo statistico qui presentato ha utilizzato in modo combinato modelli probabilistici (Analisi della varianza, Logit, Multinomiale, Log-Lineare) e tecniche di carattere esplorativo (Corrispondenze multiple). Ognuna di queste metodologie ha evidenziato particolari aspetti di interconnessione tra fattori strutturali e di stratificazione e le variabili rilevate.

Ad esempio con l'Analisi della varianza (Tab. 2) si è verificato che la variabile morfometrica LFOT è influenzata in modo significativo dai fattori Località e Specie. In particolare l'area di Palombara Sabina mostra, per questa variabile, una prevalenza complessiva del lato destro, che può essere ricondotta a fenomeni di direzionalità morfologica insorti in un'area agricola interessata dall'uso di pesticidi (cfr. Ieradi et al., 1984; Amori & Pasqualucci, 1987), mentre le altre due località sembrano portarsi verso la preponderanza sinistra di concerto con tale medesima tendenza di *M. m. domesticus*.

Quest'ultima tendenza è suffragata dai risultati ottenuti in precedenti studi sui siti nucleari (Cristaldi et al., 1985a) e si può quindi ipotizzare che in questa specie l'asimmetria con preponderanza sinistra, almeno per la fossa orbito-temporale, sia strutturale e forse legata ad una tendenza anatomico- funzionale della muscolatura masticatoria prevalente sul lato sinistro; ciò può essere comprovato solo con ulteriori rilevazioni mor-

fometriche e con una parallela ricerca comportamentale (cfr. Kolb et al., 1982).

Dal Modello logistico (Tab. 3) emerge altresì una maggiore tendenza alla asimmetria per il sesso maschile, confermando la maggiore capacità regolativa dell'omeostasi del sesso femminile (cfr. Thoday, 1958).

L'Analisi delle corrispondenze multiple (Fig. 4) ha fornito numerose ed utili informazioni per quanto riguarda i caratteri epigenetici. Situazione opposta si è riscontrata in quelli morfometrici classificati all'uopo in 5 livelli (forte/lieve asimmetria destra, simmetria, forte/lieve asimmetria sinistra). Infatti dall'analisi dei diversi piani fattoriali si evince che la località Palombara Sabina risulta essere caratterizzata da esemplari più fortemente malformati. Tale situazione concorda con i precedenti risultati ottenuti attraverso le metodologie di analisi della vegetazione, delle alterazioni mutagenetiche (Ieradi et al., 1984) e delle teriocenosi (Amori & Pasqualucci, 1987) ed incoraggia l'utilizzo ed il perfezionamento della metodologia per lo studio di aree sottoposte ad inquinamento cronico.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro si colloca nell'ambito del programma strategico C.N.R. "Mutagenesi". Si ringraziano per i diversi contributi gli altri componenti del gruppo di lavoro, in particolare E. D'Arcangelo, L.A. Ieradi, M. Miceli, C. Panzironi, G. Simeone, A. Sottili e M. Tommasi.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMCZEWSKA-ANDREZEJEWSKA, KA. 1967. Age reference model for *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834). *Ekol. Polska*, (a)15(41): 788-790.
- AMORI, G., CRISTALDI, M. & L. CONTOLI. 1986. Sui Roditori (Gliridae, Arvicolidae, Muridae) dell'Italia peninsulare ed insulare in rapporto all'ambiente bioclimatico mediterraneo. *Animalia* (1984), 11(1-3): 217-269.
- AMORI, G. & E PASQUALUCCI. 1987. Elementi di valutazione ambientale di tre siti nell'Italia centrale (Lazio) tramite l'analisi dei rigetti di *Tyto alba* (Scopoli, 1769). *Acqua-Aria*, 9: 1085-1089.
- BERRY, R.J. 1963. Epigenetic polymorphism in wild population of *Mus musculus*. *Genet. Res.*, Cambridge, 4 193-220.
- BERRY, R.J. 1968. The ecology of an island population of the house mouse. *J. Anim. Ecol.*, 37: 445-470.
- BERRY, R.J.(Ed.). 1981. *Biology of the House Mouse*. Symp. *Zool. Soc. Lond.*, 47. Academic Press, N.Y., 715 pp.
- BERRY, R.J. & A.G. SEARLE. 1963. Epigenetic polymorphism of the rodent skeleton. *Proc. Zool. Soc. London*, 140: 577-615.
- BIRKAN, M. 1968. Répartition écologique et dynamique des populations d'*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus* en pinède a Rambouillet. *La Terre et la Vie*, 3 231-273.

- BLASI, C., FASCETTI, S., CAVEDON, G., CRISTALDI, M., LOMBARDI BOCCIA, G. & V. PARISI. 1982. Studio interdisciplinare delle popolazioni naturali. *Acqua-Aria*, 3 297-300.
- CARONNA, E & E PARISI. 1983. Preliminary research on asymmetries in the ossification of rodents. *Acta Embryol. Morphol. Exper.*, 4(3): 190-191.
- CAVEDON, G. 1982. Analisi statistica dei dati di mutagenesi. *Acqua-Aria*, 3 288-296.
- CRISTALDI, M., D'ARCANGELO, E., IERADI, L.A., MASCANZONI, D., MATTEI, T. & I. VAN AXEL CASTELLI. 1990. CS-137 determination and mutagenicity tests in wild *M. m. domesticus* before and after Chernobyl accident. *Environmental Pollution*, 64: 1-9.
- CRISTALDI, M. & R. FEDERICI. 1980. Conseguenze storico-evolutive del commensalismo del topolino delle case (*Mus musculus*) con la specie umana. *UNICOPLI Universitaria.*, 68, 73 pp.
- CRISTALDI, M., IERADI, L.A., LICASTRO, E., LOMBARDI BOCCIA, G. & G. SIMEONE. 1985a. Environmental impact of nuclear power plants on wild rodents. *Acta Zool. Fennica*, 173: 205-207.
- CRISTALDI, M., IERADI, L.A., MATTEI, T. & I. VAN AXEL CASTELLI. 1986. Direct genetic load measured in wild Rodents exposed in Rome to radioactive fallout emitted from nuclear power plant melt-down. *ESNA, XVIIth Annual Meeting (Hannover, 14-19 Settembre 1986): 274-282.*
- CRISTALDI, M., IERADI, L.A., PARADISI, S. & M. TOMMASI. 1985b. Rodents as biological indicators of environmental impact. In: *Proceedings of the Second Symposium on Recent Advances in Rodent Control (Helmy Mohoammed A.H., Zaghoul TM., Salit AM., Zakaria M. Eds)*. Kuwait, 2-6 Febbraio 1985: 93-104.
- CRISTALDI, M. & G. LOMBARDI BOCCIA. 1982. Processi mutagenetici in Murini selvatici. *Acqua-Aria*, 3: 265-274.
- CRISTALDI, M., LOMBARDI BOCCIA, G. & M. RIZZONI. 1981. Prove metodologiche per lo studio degli effetti ambientali di rilasci radioattivi su popolazioni naturali di piccoli mammiferi. In: *Rischio da radiazioni in campo biomedico*. Ed. Diesseti, Milano: 133-154.
- CRISTALDI, M., SIMEONE, G. & E. D'ARCANGELO. 1985c. Un approccio biometrico ai processi microevolutivi in *Rattus rattus* (L.). *Atti Soc. ital. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 126: 3-42.
- FARRIS, E.J. & J.Q. GRIFFITH Jr. (Eds.). 1949. The rat in laboratory investigation. Hafner Publ. Co., N.Y.: 542 pp.
- FESTING, M. & D.P. LOVELL. 1981. Domestication and development of the mouse as a laboratory animal. *Symp. Zool. Soc. London*, 47 43-62.
- GREEN, E.L. (Ed.). 1966. *Biology of the laboratory mouse*. McGraw-Hill Book Company, N.Y., 706 pp.
- GRUNEBERG, H., BAINS, G.S., BERRY, R.J., RILES, R.E., SMITH, C.A.B. & R.A. WEISS. 1966. A search for genetic effects of high natural radioactivity in South India. *Spec. Rep. Ser. Med. Res. Council*, 307: 1-59.
- HEDGES, S.R. 1969. Epigenetic polymorphism in populations of *Apodemus sylvaticus* and *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Muridae). *J. Zool.*, London, 159 425-442.
- IERADI, L.A., PARADISI, S., TOMMASI, M., CRISTALDI, M., DE LILLIS, M., TESTI, A., CAVEDON, G. & W. MALORNI. 1984. Saggi biologici per valutazioni di impatto ambientale. Inquadramento vegetazionale ed analisi mutagenetiche su Roditori selvatici. *Acqua-Aria*, 9: 935-952.
- I.R.S.A. 1978. Indagini sull'inquinamento del fiume Tevere. C.N.R., Quaderno 27, Roma, 494 pp.

- KARNOUKHOVA, N.G. 1971. A determination of the age gray and black rats. *Ekologiya*, 2 71-76.
- KELLER, A. 1974. Détermination de l'âge de *Mus musculus* Linné par l'usure de la dentition. *Rev. Suisse Zool.* 81(4): 839-844.
- KOLB, B., SUTHERLAND, R.J., NONNEMAN, A. I., & I. Q. WHISHAW. 1982. Asymmetry in the cerebral hemispheres of the rat, mouse, rabbit and cat: the right hemisphere is larger. *Exp. Neurology*, 78: 348-359.
- LUDWIG, W. 1932. Das Rechts-Links problem in tierreich und beim Menschen. Springer, Berlin.
- MACCACARO, G. 1976. L'onere della prova di cancerogenicità: sulle cose o sugli uomini? Convegno su *Epidemiologia e prevenzione dei tumori di origine professionale*. Torino.
- MARSHALL, J.T. 1986. Systematic of the Genus *Mus*. In: The wild mouse in immunology. (Potter M., Nadeau J.H. & Cancro M.P. Eds). Springer-Verlag, Berlin: 12-18.
- MATHER, K. 1953. Genetical control of stability in development. *Heredity*, 7: 297-336.
- MUSSER, G.G. 1970. Species-limits of *Rattus brahma*, a Murid Rodent of North-eastern India and Northern Burma. *Amer. Mus. Novitates*, 2406: 1-27.
- PANKAKOSKI, E. 1985. Epigenetic asymmetry as an ecological indicator in muskrats. *J. Mammal.*, 66 (1): 52-57.
- PARADISI, S., CARONNA, E. & LA. IERADI. 1986. First application of the transplacental micronucleus test in wild Rodents. *Atti Soc. ital. Sci. Nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 127 (3-4): 245-252.
- PATTON, J.L., YANG, S.J. & P. MYERS. 1975. Genetic and morphologic divergence among introduced rat populations (*Rattus rattus*) of the Galapagos Archipelago Ecuador. *Syst. Zool.*, 24 28-310.
- SAGE, R.D. 1981. Wild mice. In: The mouse in biomedical research. Vol. I. History, Genetics and Wild mice (Foster H.L., Small J.D. & Fox J.G., Eds.). Academic Press: 39-90.
- SANNA, M. & N. PELOSI. 1981. Indagine chimica sullo stato d'inquinamento delle acque superficiali. In: *Amm. Prov. di Roma, Assessorato Igiene, Sanità, Ambiente: Indagine sullo stato d'inquinamento delle acque superficiali, censimento delle utilizzazioni prevalenti delle risorse idriche*. Ed. delle Autonomie, Roma: 15- 107.
- SEARLE, A.G. 1954. Genetical studies on the skeleton of the mouse. IX - Causes of skeletal variation within pure lines. *J. Genet.*, 52: 68-102.
- SELF, S.G. & L. LEAMY. 1978. Heritability of quasi-continuous traits in a randombred population of house mice. *Genetics*, 88: 109-120.
- SOULE, M. 1967. Genetics of natural population. II. Asymmetry and evolution in a lizard. *Amer. Nat.*, 918: 141-160.
- SOULE, M. 1979. Heterozygosity and developmental stability: another look. *Evolution*, 33 396-401.
- TEMME, M. 1987. Somatic mutation in the Polynesian rat (*Rattus exulans*) at Enewetak nuclear test site. *Curr. Mammal.*, 1: 483-493.
- TEMME, M. & W.B. JACKSON. 1978. Palatal ridges as an epigenetic marker in *Rattus rattus* and *Rattus exulans* populations. *Z. f. Säugetierkunde*, 43 193-203.
- THODAY, J.M. 1958. Homeostasis in a selection experiment. *Heredity*, 12: 401-415.
- THORPE, R.S. 1981. The morphometric of the mouse: A Review. *Symp. Zool. Soc. London*, 47: 85-125.
- VAN VALEN, L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16 125-142.