Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **97** (1990)
pagg. 1-14, figg. 10, tabb. 4

L. RAGAINI (*)

VARIAZIONI MORFOLOGICHE IN *OPISSASTER SCILLAE* (WRIGHT): UN ESEMPIO DAL «LOWER GLOBIGERINA LIMESTONE» DELL'ARCIPELAGO MALTESE

Riassunto — Vengono prese in esame, per la prima volta, le variazioni morfologiche di *Opissaster scillae* (WRIGHT) su basi statistiche. Lo studio è realizzato su un campione di 153 esemplari raccolti in un giacimento del «Lower Globigerina Limestone» dell'Isola di Malta.

La descrizione biometrica della morfologia del guscio è fondata su 9 variabili e 8 indici di forma o posizione; le variazioni morfologiche sono analizzate mediante metodi statistici univariati e bivariati. Lo studio è completato dal confronto con i dati forniti dalla letteratura.

Per il campione esaminato, risultato omogeneo, sembra possibile proporre una morfologia-tipo.

Abstract — *Morphological variations in Opissaster scillae* (WRIGHT): *an example from the «Lower Globigerina Limestone» in the Maltese Islands.* The morphological variations in *Opissaster scillae* (WRIGHT) are statistically described for the first time. The study is made on a sample of 153 sea urchins coming from one outcrop of the «Lower Globigerina Limestone» on Malta.

The morphology of sea urchins is characterized by 9 measurements describing the general shape of the test and by 8 ratios; the morphological variations are estimated using both uni- and bivariate analyses. Comparisons with the specimens of the literature are also performed.

The studied sample is homogeneous and a tipical morphological model of the population, including ontogenic variation, is proposed.

Key words — Echinoidea, Opissaster, Miocene, Maltese Islands, Statistical methods.

PREMESSA

I numerosi esemplari di *Opissaster scillae* (WRIGHT) provenienti

(*) Centro Interdip. Museo di Storia Naturale e del Territorio - Università di Pisa.

dai sedimenti miocenici dell'Arcipelago maltese mi hanno consentito di intraprendere uno studio biometrico-statistico su un campione popolazionale di questo taxon, con l'intento di verificarne la variabilità morfologica su basi quantitative.

Questa specie, istituita da WRIGHT nel 1855 per il genere *Hemiaster*, è stata segnalata in poche località (Malta, Sardegna, Cirenaica) e le descrizioni fornite, anche se talvolta integrate da qualche misura morfometrica, sono sempre di tipo qualitativo e per di più basate su pochissimi individui (spesso uno soltanto).

L'abbondanza numerica degli esemplari a mia disposizione, anche se non tutti perfettamente conservati, mi consente di colmare questa lacuna mediante l'elaborazione, su basi statistiche, dei dati ottenuti dall'analisi biometrica di una popolazione di *Opissaster scillae*.

L'esame di questa specie costituisce un ulteriore contributo allo studio dell'Echinofauna maltese, in attesa di un lavoro complessivo attualmente in preparazione.

PROVENIENZA DEL MATERIALE

Tutto il materiale proviene dal «Globigerina Limestone», formazione appartenente alla successione oligo-miocenica dell'Arcipelago maltese, già oggetto di studio da parte di diversi Autori (FELIX, 1973; GIANNELLI e SALVATORINI, 1972 e 1975; MAZZEI, 1985; RUSSO e BOSSIO, 1976, tra gli altri). La quasi totalità degli individui (343) è stata raccolta nel «Lower Globigerina Limestone», il cui inquadramento biostratigrafico è ancora incerto. In base ad uno studio sui Macroforaminiferi, i cui risultati sono riportati da GIANNELLI e SALVATORINI (1972), tale unità litostratigrafica risulta compresa tra l'Oligocene sup. e l'Aquitaniano, anche se questi Autori ritengono più verosimile un'età interamente oligocenica; la composizione dell'Echinofauna porterebbe invece a riferire il «Lower Globigerina Limestone» all'Aquitaniano (MENESINI, 1979).

I pochi esemplari provenienti dal «Middle Globigerina Limestone» (7) e dal sottostante livello fosforitico (5), corrispondenti all'intervallo Aquitaniano inoltrato-Burdigaliano sup., non sono stati inseriti nell'analisi statistica.

Tra i 343 esemplari del «Lower Globigerina Limestone», circa 160 sono risultati incompleti o comunque compromessi dai processi di fossilizzazione e/o diagenetici al punto da renderne problematica

l'utilizzazione per uno studio quantitativo. Altri 30 individui, abbastanza ben conservati, provengono da sette giacimenti diversi e non raggiungono quindi una consistenza numerica sufficiente per uno studio di questo tipo.

L'analisi biometrico-statistica si basa quindi sui rimanenti 153 esemplari, che costituiscono un campione della popolazione del giacimento di Sliema, località dell'isola di Malta situata a Nord di La Valletta (MENESINI, op. cit.).

METODO DI STUDIO

Lo scopo di questo lavoro è quello di analizzare quantitativamente le variazioni morfologiche esistenti all'interno del campione di *Opissaster scillae*, in modo da porre le basi necessarie per successive comparazioni con altre popolazioni o specie diverse.

La morfologia degli individui è caratterizzata da nove variabili, che corrispondono alle dimensioni fondamentali del guscio (lunghezza, larghezza, altezza), alla posizione di determinate strutture (apice e peristoma), nonché alla lunghezza e larghezza degli ambulacri pari anteriori e posteriori (Fig. 1).

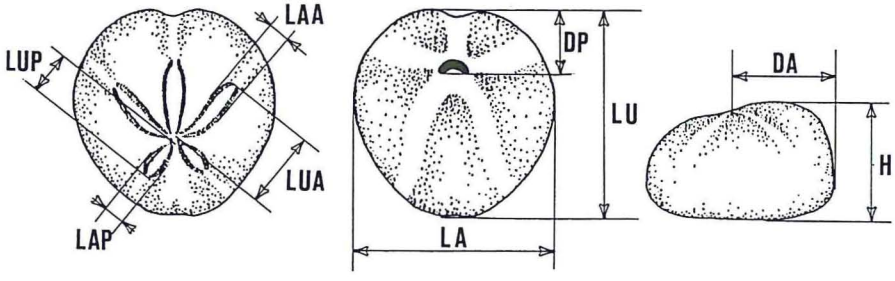

Fig. 1 - Misurazioni effettuate sugli esemplari di *Opissaster scillae*.

Utilizzando tali variabili sono stati poi calcolati otto indici di forma o posizione: variabili ed indici sono riportati nella Tab. 1.

I dati ottenuti sono stati quindi analizzati mediante metodi statistici univariati e bivariati, i cui risultati sono esposti nelle pagine successive. Infine, per avere un primo elemento di verifica seppure a livello indicativo, tali risultati sono stati comparati con i dati riportati in letteratura.

TAB. 1 - *Variabili ed indici.*

Variabili			Indici		
LU	=	Lunghezza totale	A	=	LA/LU
LA	=	Larghezza totale	B	=	H/LU
H	=	Altezza totale	C	=	DA/LU
DA	=	Distanza apice-margine posteriore	D	=	DP/LU
DP	=	Distanza peristoma-margine anteriore	E	=	LUA/LU
LUA	=	Lunghezza ambulacri anteriori	F	=	LUP/LU
LUP	=	Lunghezza ambulacri posteriori	G	=	LAA/LU
LAA	=	Larghezza ambulacri anteriori	I	=	LAP/LU
LAP	=	Larghezza ambulacri posteriori			

ANALISI UNIVARIATA

La popolazione in studio è stata caratterizzata mediante i parametri statistici riportati nella Tab. 2 (media M, errore standard SE, deviazione standard SD, coefficiente di variabilità CV), che contiene anche i valori massimi e minimi degli elementi morfologici e degli

TAB. 2 - *Parametri statistici: analisi univariata.*

Var.	N	Min.	Max.	M	SE	SD	CV	D
LU	55	11,6	44,95	27,22	1,1	8,18	30,04	0,104
LA	56	12,9	43,3	26,14	1,07	7,98	30,52	0,047
H	35	11,2	34,4	22,91	1,01	5,98	26,1	0,029
DA	53	5,0	22,3	12,64	0,61	4,42	34,97	0,159
DP	26	3,3	12,6	8,07	0,42	2,16	26,83	0,034
LUA	144	3,9	15,1	8,99	0,24	2,88	32,07	0,048
LUP	143	1,9	8,6	4,6	0,12	1,45	31,58	0,032
LAA	143	1,6	5,1	3,22	0,074	0,89	27,74	0,047
LAP	143	1,1	4,4	2,29	0,066	0,79	34,69	0,037
A	50	0,82	0,99	0,93	0,005	0,035	3,78	0,057
B	34	0,61	0,89	0,79	0,011	0,064	8,12	0,079
C	45	0,31	0,52	0,45	0,007	0,048	10,69	0,115
D	26	0,16	0,32	0,27	0,006	0,032	11,73	0,056
E	47	0,25	0,45	0,34	0,005	0,032	9,35	0,053
F	46	0,15	0,23	0,18	0,003	0,017	9,68	0,079
G	46	0,10	0,16	0,13	0,002	0,013	10,96	0,058
I	46	0,07	0,11	0,09	0,002	0,010	11,93	0,077

indici da questi ottenuti. Il numero delle osservazioni (N) effettuate sul campione risulta talvolta diverso per i vari caratteri; ciò a causa dello stato di conservazione del materiale che non sempre ha consentito di ottenere, sullo stesso individuo, dati attendibili per tutte le variabili.

Le distribuzioni di frequenza sono rappresentate mediante istogrammi (Figg. 2, 3, 4) che, nel complesso, presentano un andamento unimodale.

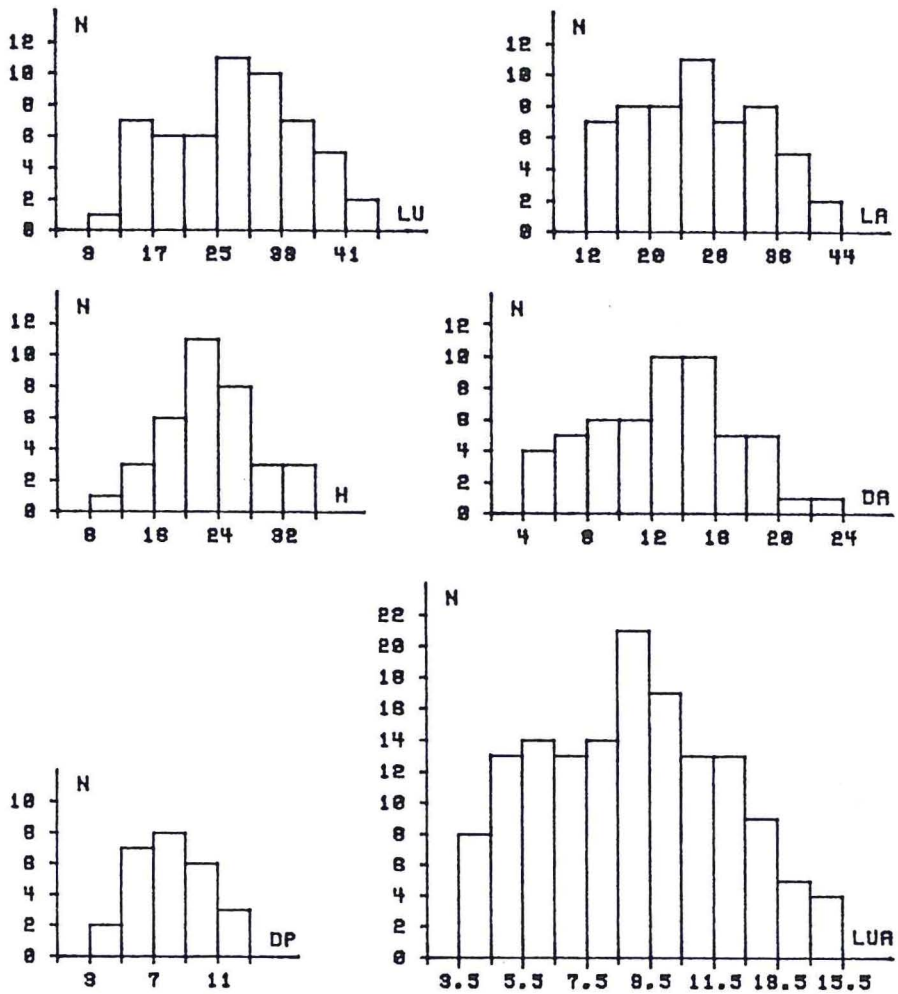

Fig. 2 - Istogrammi di frequenza delle variabili LU, LA, H, DA, DP, LUA.

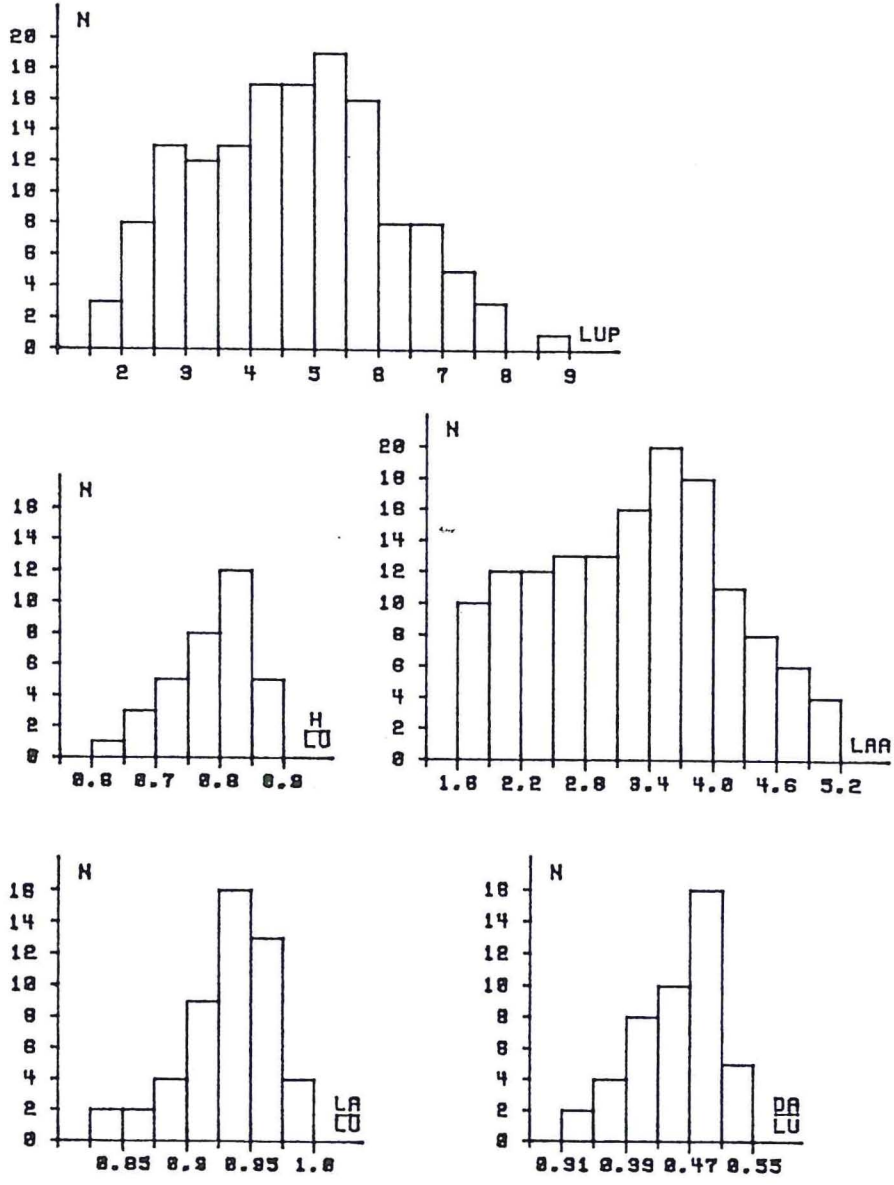

Fig. 3 - Istogrammi di frequenza delle variabili LUP, LAA e degli indici LA/LU, H/LU, DA/LU.

La normalità di tali distribuzioni è stata saggiata mediante il test di Kolmogorov-Smirnov che, rispetto al classico test del χ^2, offre una maggiore «potenza discriminatoria», non necessita del raggruppamento dei valori appartenenti alle classi «estreme» dell'isto-

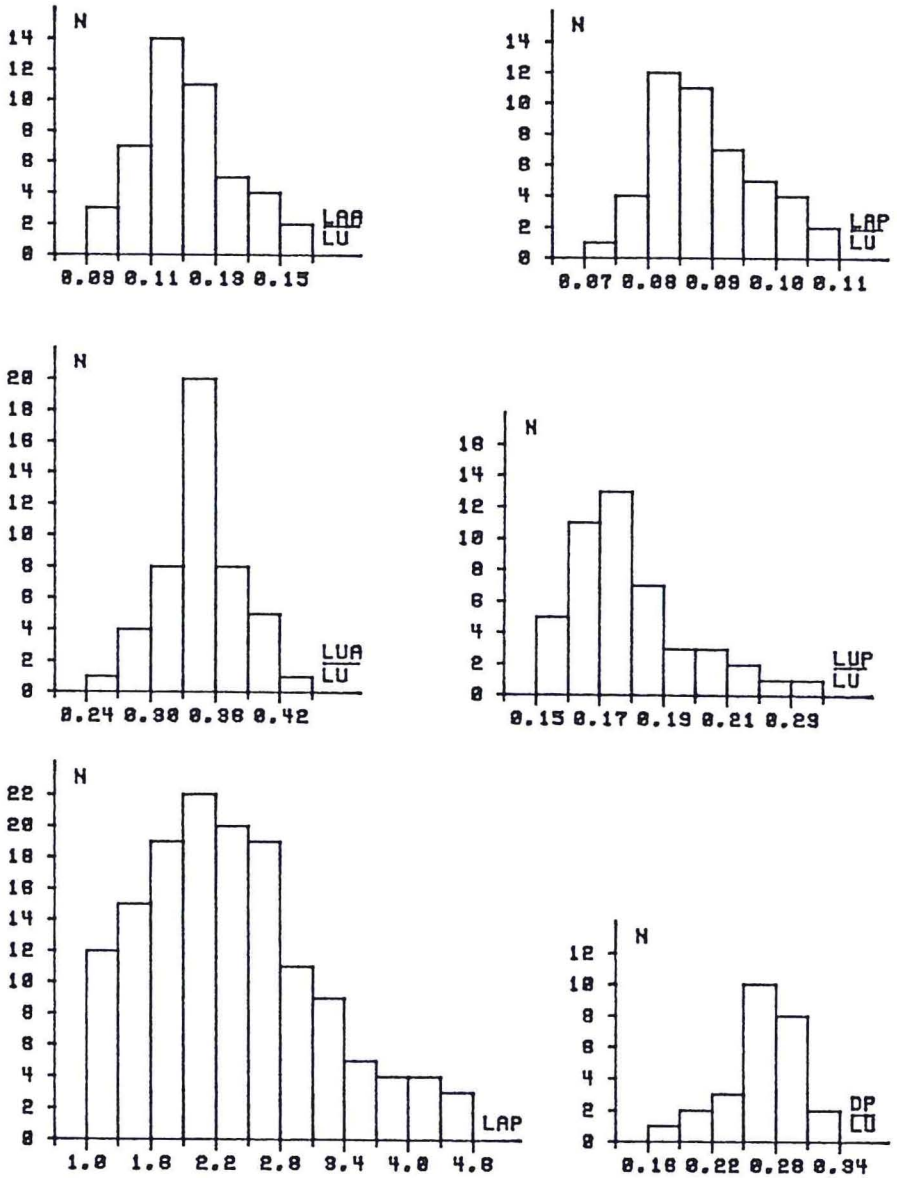

Fig. 4 - Istogrammi di frequenza della variabile LAP e degli indici DP/LU, LUA/LU, LUP/LU, LAA/LU, LAP/LU.

gramma quando queste contengono pochi elementi ed infine può essere applicato anche a campioni molto piccoli (SIEGEL, 1956; SOKAL e ROHLF, 1981). In base ai calcoli effettuati la deviazione massima D (Tab. 2) tra la distribuzione di frequenza teorica (nel nostro caso

normale) e quella osservata è risultata inferiore, per tutte le variabili, ai valori indicati per un livello di probabilità del 99%; si può quindi affermare che l'andamento di tutti gli istogrammi è conforme a quello normale.

Sulla base dell'analisi univariata il campione di *Opissaster scillae* è quindi da ritenersi omogeneo.

Analisi bivariata

I vari elementi morfometrici sono stati messi a confronto con la lunghezza totale LU, quale carattere di riferimento rappresentativo dello stadio ontogenetico. Normalmente infatti quest'ultimo viene scelto nell'ambito dei parametri dimensionali fondamentali. Devries (1959), ad esempio, ha usato la larghezza, Nichols (1959) ha invece utilizzato una funzione di due variabili (lunghezza e larghezza) mentre Kier (1974) si è servito di una combinazione lineare piuttosto complessa tra lunghezza, larghezza ed altezza. Personalmente ho ritenuto opportuno privilegiare la strada più semplice, come proposto anche da Higgins (1974), ed in tale ottica ho scelto appunto la lunghezza che, essendo in questo caso il parametro con il campo di variazione più ampio, rappresenta l'elemento che meglio registra i mutamenti legati alla crescita.

La Tabella 3 riporta, per ogni coppia di variabili, il coefficiente di correlazione r, l'equazione della retta di regressione nella forma $y=ax+b$ (dove a e b sono rispettivamente il rapporto di crescita e l'indice di crescita iniziale), la significatività dell'indice di crescita iniziale ad un livello di probabilità del 99%, l'errore standard del rapporto di crescita a e dell'indice di crescita iniziale b.

Tab. 3 - *Parametri statistici: analisi bivariata.*

Var.	Retta	r	b	σa	σb
LA-LU	LA =LU-1,84	0,996	S	0,013	0,358
H-LU	H =0,759 LU-0,765	0,956	ns	0,038	1,041
DA-LU	DA =0,539 LU-2,189	0,975	S	0,018	0,511
DP-LU	DP =0,301 LU-0,933	0,936	ns	0,021	0,521
LUA-LU	LUA=0,360 LU-0,429	0,971	ns	0,013	0,353
LUP-LU	LUP=0,186 LU-0,245	0,965	ns	0,007	0,195
LAA-LU	LAA=0,105 LU+0,458	0,950	S	0,005	0,143
LAP-LU	LAP=0,11 LU-0,591	0,956	S	0,005	0,120

I valori di r, positivi ed assai prossimi all'unità, evidenziano una correlazione diretta molto accentuata tra i vari parametri e la taglia degli individui. Non sono state invece prese in esame eventuali correlazioni tra gli indici (di forma o posizione) in quanto, come ha dimostrato PEARSON (1897), tra due indici che presentano un termine in comune (ad esempio $A=x_1/x_3$ e $B=x_2/x_3$) si instaura una correlazione anche se le variabili (x_1, x_2, x_3) tra loro non sono correlate. Tale correlazione, definita spuria, non dipende da relazioni organiche quanto piuttosto da legami di tipo matematico ed è quindi da evitare.

L'analisi dei diagrammi di dispersione suggerisce alcune considerazioni in merito alle modalità di variazione dei parametri morfometrici in funzione dello stadio ontogenetico:

— La relazione di crescita tra la larghezza LA e la lunghezza LU (Fig. 5a) è una isometria disarmonica maggiorante (l'indice di crescita iniziale è significativamente diverso da zero) che rende conto della variazione di forma dell'*ambitus* durante l'ontogenesi. Questa tendenza non è però molto marcata: l'indice A=LA/LU passa infatti da 0,91 a 0,99 nell'intervallo da 20 a 40 mm. di lunghezza (Fig. 5b), con una variazione assai contenuta, inferiore al 6%.

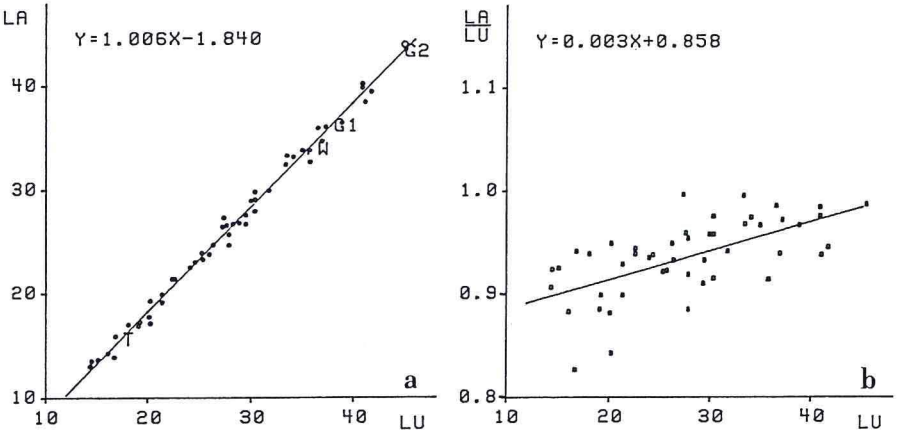

Fig. 5 - Diagrammi di dispersione LA-LU (a) e LA/LU-LU (b).

— L'altezza H è legata alla lunghezza LU da una isometria armonica (l'indice di crescita non è significativamente diverso da zero) con un rapporto di crescita inferiore ad uno (Fig. 6a). Ciò significa che

il rapporto tra i due parametri, B=H/LU, rimane costante durante lo sviluppo ontogenetico, ma il tasso di crescita della lunghezza risulta superiore a quello dell'altezza.

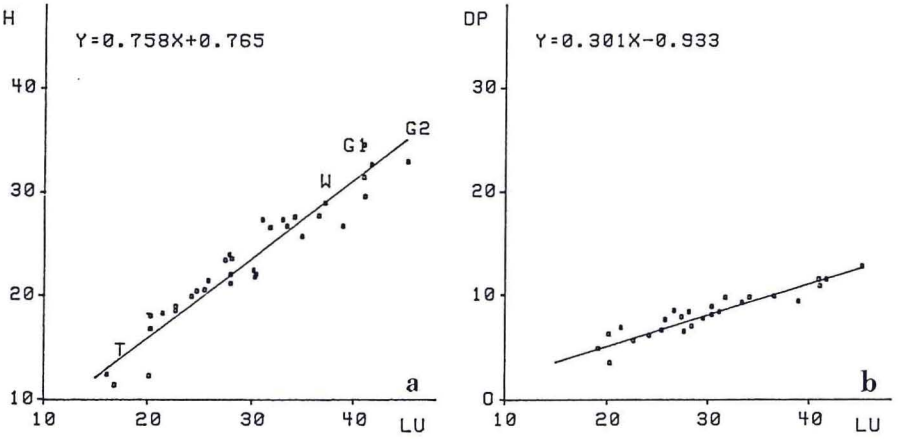

Fig. 6 - Diagrammi di dispersione H-LU (a) e DP-LU (b).

— Per quanto riguarda la posizione del peristoma DP e dell'apice DA in funzione della lunghezza LU, si presentano due situazioni diverse. Nel primo caso, infatti, si tratta di una isometria armonica (Fig. 6b) con l'indice di posizione D=DP/LU pressoché costante nell'intervallo dimensionale 20-40 mm, mentre nel secondo l'isometria è di tipo disarmonico maggiorante (Fig. 7a), con l'indice di posizione C=DA/LU che, nello stesso intervllo, aumenta da 0,43 a 0,49 con una variazione intorno al 13% (Fig. 7b).

— Sono isometrie armoniche le relazioni esistenti tra la lunghezza degli ambulacri pari anteriori LUA e posteriori LUP e la lunghezza totale LU (Fig. 8a, b). I corrispondenti indici, E=LUA/LU ed F=LUP/LU, rimangono quindi praticamente costanti durante la crescita ed il loro valore medio (E=0,34, F=0,18) è da considerarsi rappresentativo del campione.

— Si ottengono invece isometrie disarmoniche quando si mettono a confronto le larghezze degli ambulacri pari anteriori LAA e posteriori LAP con la lunghezza totale LU. In particolare nel primo caso si tratta di una disarmonia di tipo minorante (Fig. 9a), con l'indice G=LAA/LU che diminuisce da 0,131 a 0,113, nell'intervallo da 20 a 40 mm. di lunghezza (Fig. 9b), per una percentuale inferiore al 14%, mentre nel secondo (Fig. 10a) la disarmonia risulta

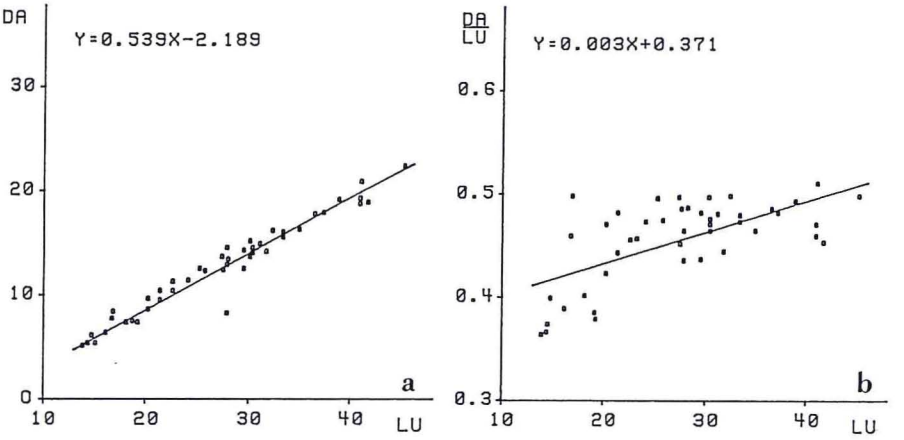

Fig. 7 - Diagrammi di dispersione DA-LU (a) e DA/LU-LU (b).

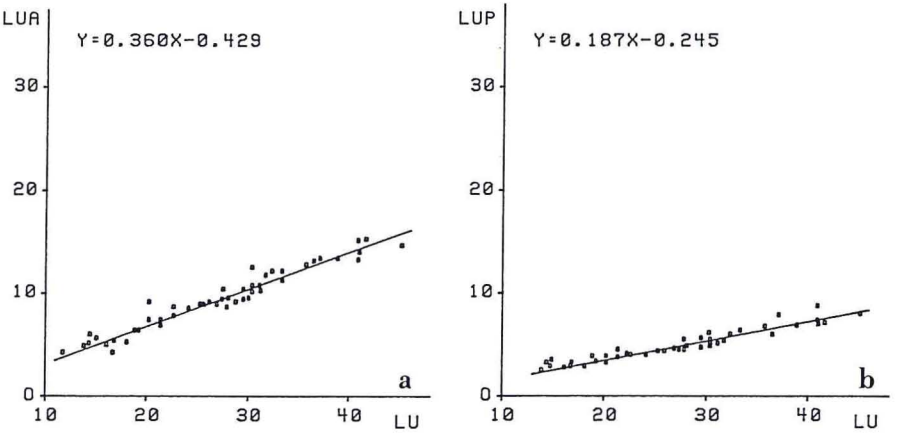

Fig. 8 - Diagrammi di dispersione LUA-LU (a) e LUP-LU (b).

maggiorante e il valore dell'indice I=LAP/LU aumenta, nel medesimo intervallo, da 0,085 a 0,093, con una modesta variazione, inferiore al 9% (Fig. 10b).

Nel complesso l'analisi bivariata conferma quindi l'omogeneità del campione.

Confronto con i dati della letteratura

In letteratura sono assai scarsi i dati «numerici» utilizzabili per

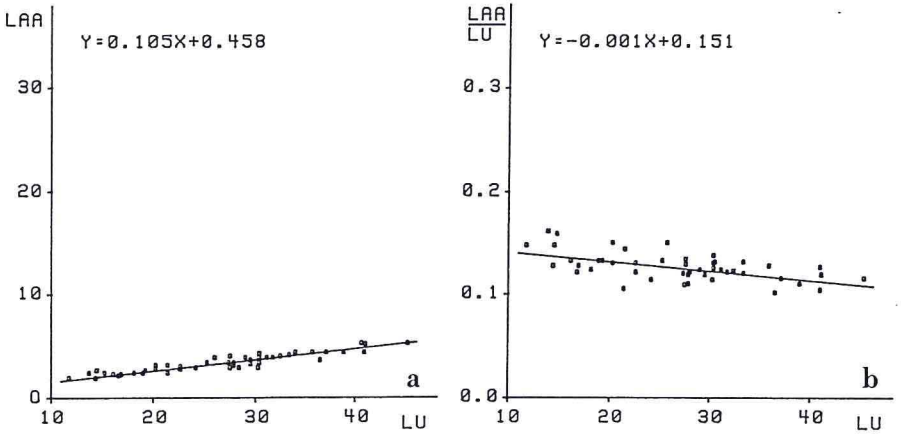

Fig. 9 - Diagrammi di dispersione LAA-LU (a) e LAA/LU-LU (b).

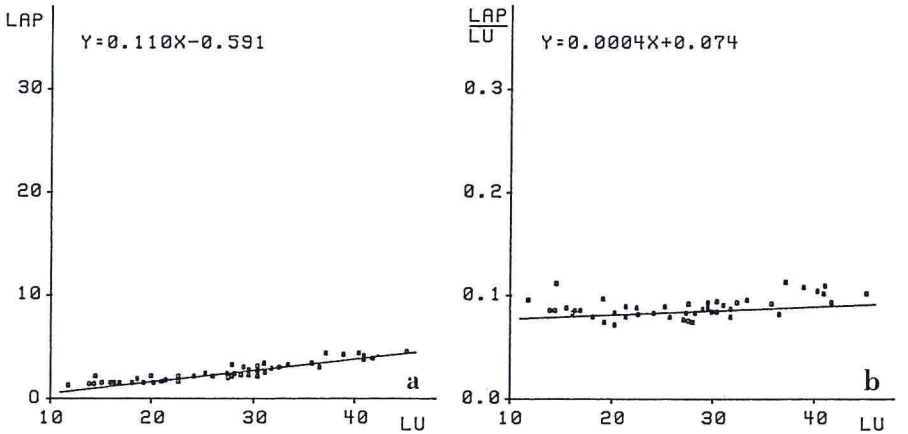

Fig. 10 - Diagrammi di dispersione LAP-LU (a) e LAP/LU-LU (b).

un'eventuale comparazione con il campione qui studiato. Tra i vari Autori che figurano e/o descrivono la specie in esame, infatti, soltanto cinque riportano alcune misure morfometriche, riferite ad un solo esemplare e limitate ai tre parametri dimensionali fondamentali: lunghezza, larghezza e altezza (Tab. 4).

Nonostante ciò, ho ugualmente sfruttato questo materiale di varia provenienza per avere una prima verifica, anche se soltanto indicativa e parziale, dei risultati ottenuti dagli esemplari maltesi.

Le misure (Tab. 4) corrispondono ad individui la cui taglia rientra nella variabilità del campione studiato ($11,6 < LU < 44.95$), ad ec-

TAB. 4 - *Misure (mm.) ottenute dalla letteratura.*

Autore	Simb.	LU	LA	H
WRIGHT (1855)	W	36,8	34,3	30,5
GREGORY (1891)	G1	39	36	34
GREGORY (1911)	G2	45	43	35,5
TAVANI (1939)	T	17	15	14
C. CARIA (1972)	C	58	58	39

cezione dell'esemplare di COMASCHI CARIA (1972) che risulta più grande (LU=58 mm). Riportando tali valori nei diagrammi di dispersione di Fig. 5a e Fig. 6a, appare evidente la loro conformità con l'andamento della regressione, a conferma delle tendenze ontogenetiche individuate nella popolazione di Malta.

CONCLUSIONI

Sebbene di tipo preliminare, questa analisi biometrico-statistica suggerisce qualche considerazione su *Opissaster scillae*:

— Il campione studiato è risultato omogeneo sulla base dei caratteri considerati; questo costituisce una conferma, almeno locale, alla validità della specie.

— Dai risultati ottenuti sembra possibile individuare per la popolazione maltese una morfologia-tipo utilizzando gli indici medi, anche se alcuni di essi presentano fluttuazioni (per altro modeste, tanto che la più cospicua risulta inferiore al 14%) legate a variazione di taglia. Dal confronto con i (pochi) dati a disposizione in letteratura, si potrebbe ipotizzare l'impiego di tali indici anche a livello specifico, ma un'utilizzazione di questo tipo richiede necessariamente altre conferme attraverso lo studio di campioni provenienti da giacimenti diversi, al fine di riuscire ad individuare l'influenza delle condizioni locali sui parametri esaminati (variazioni ecofenotipiche).

Ringraziamenti

Desidero ringraziare la Prof. E. Menesini per la lettura critica del manoscritto.

OPERE CITATE

COMASCHI CARIA I. (1972) - Gli Echinidi del Miocene della Sardegna. 96 pp., 50 tt., S.t.e.f., Cagliari.

DEVRIES A. (1959) - Essai sur l'utilisation des méthodes biométriques en paléontologie: application de quelques procédés élémentaires aux échinides fossiles, suivi de quelques considération de morphologie dynamique. *Publ. Serv. Carte Geol. Algérie, Bull.* n. **25** (*Trav. Collab.* 1958), 161-225, 1 t., 12 tbb., 16 ff., Alger.

FELIX R. (1973) - Oligo-Miocene stratigraphy of Malta and Gozo. *Meded. Landbouw*, **73**, 1-90.

GIANNELLI L., SALVATORINI G. (1972) - I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago maltese. I. Biostratigrafia del «Globigerina Limestone». *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Serie A, **79**, 49-74.

GIANNELLI L., SALVATORINI G. (1975) - I Foraminiferi planctonici dei sedimenti terziari dell'Arcipelago maltese. II. Biostratigrafia di: «Blue Clay», «Greensand» e «Upper Coralline Limestone». *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Serie A, **82**, 1-24.

GREGORY J.W. (1891) - The Maltese Fossil Echinoidea, and their evidence on correlation of the Maltese Rocks. *Trans. R. Soc. Edimburgh*, **36**, 585-639.

GREGORY J.W. (1911) - The Fossil Echinoidea of Cyrenaica. *Quat. Journ.*, **67**, 661-680.

HIGGINS R.C. (1974) - Specific status of *Echinocardium cordatum, E. australe, E. zealandicum* (Echinoidea: Spatangoida) around New Zealand, with comments on the relation of morphological variation to environment. *Journ. Zool.*, **173**, 454-475.

IMBRIE J. (1956) - Biometrical methods in the study of invertebrate fossils. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, **108**, 214-252.

KERMACK K.A., HALDANE J.B.S. (1950) - Organic correlation and allometry. *Biometrika*, **37**, 30-41.

KIER P.M. (1974) - Evolutionary trends and their functional significance in the Post-Paleozoic Echinoids. *Paleont. Soc. Mem.* 5, 96 pp., 78 ff., Norman (suppl. *Journ., Paleont.*, **48** (3), Washington).

MAZZEI R. (1985) - The Miocene of the Maltese Islands: biostratigraphic and cronostratigraphic references based on Nannofossils. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Serie A, **92**, 165-197.

MENESINI E. (1979) - Echinidi fossili dell'Arcipelago maltese I. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Serie A, **86**, 51-64.

NICHOLS D. (1959) - Change in the Chalk hearth-urchin *Micraster* interpreted in relation to living forms. *Phil. trans. R. Soc.* London, Serie B, **242**, 347-437.

PEARSON K. (1897) - Mathematical contribution to the Theory of Evolution. On a form of spurious correlation which may arise when indices are used in the Measurement of Organs. *Proc. R. Soc.*, **60**, 489-498.

RUSSO A., BOSSIO A. (1976) - Prima utilizzazione degli Ostracodi per la biostratigrafia e la paleoecologia del Miocene dell'Arcipelago maltese. *Boll. Soc. Pal. It.*, **15**, 215-227.

SIEGEL S. (1956) - Statistica non parametrica. OS, Firenze.

SOKAL R.R., ROHLF F.J. (1981) - Biometry. Freeman, New York.

TAVANI G. (1939) - Fossili del Miocene della Cirenaica. *Pal. It.*, **34**, 17-76.

WRIGHT T. (1855) - On Fossil Echinoderms from the islands of Malta. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, s. 2, **15**, 101-127, 175-196, 262-276.

(ms. pres. il 10 gennaio 1990; ult. bozze il 28 dicembre 1990)