

M. MORI (*), M. SBRANA (**), P. SARTOR (**), S. DE RANIERI (***)

ASPETTI BIO-ECOLOGICI DI *MUNIDA INTERMEDIA* (CRUSTACEA, DECAPODA, ANOMURA) NELL' ARCIPELAGO TOSCANO MERIDIONALE (TIRRENO SETTENTRIONALE)

Riassunto - La distribuzione batimetrica di *Munida intermedia* nell' Arcipelago Toscano meridionale (Tirreno settentrionale), rilevata durante campagne di pesca sperimentale, è risultata compresa tra 90 e almeno 700 m di profondità, anche se questo piccolo crostaceo decapode è stato principalmente catturato tra 200 e 450 m, dove sono stati raccolti fino a 300 individui per ora di strascico. Lo studio della biologia della specie ha riguardato l'esame di 1456 individui (754 maschi e 702 femmine). La struttura in taglie è risultata compresa tra 9 e 27 mm di lunghezza carapace (LC) per i maschi, tra 10 e 24 mm LC per le femmine. La *sex-ratio* maschio:femmina (1,07:1) non è risultata statisticamente differente da 1:1. Individui tra 11 e 22 mm LC, che formavano la maggior parte della popolazione, sono stati trovati entro l'intero intervallo batimetrico di distribuzione della specie. *M. intermedia* è una specie univoltina; le femmine mutano principalmente in primavera, dopo inizia la maturazione delle gonadi. Le più piccole femmine mature misuravano 10 mm LC ed è stato ipotizzato che alcune di esse raggiungano la maturità sessuale entro il primo anno di vita. Femmine ovigere sono state raccolte tra ottobre e febbraio. Il numero di uova prossime alla schiusa, per ciascuna femmina ovigera, è variato tra 493 in un esemplare di 10,8 mm LC e 2543 in uno di 17,6 mm; è stato stimato che circa il 50% delle uova vengano perse durante l'incubazione. Le uova senza occhi misuravano a fresco $0,708 \pm 0,062$ mm ($0,183 \pm 0,04$ mm³ in volume), quelle con occhi (immediatamente prima della schiusa) $0,777 \pm 0,083$ mm ($0,223 \pm 0,06$ mm³ in volume).

Il 10,5% dei maschi ed il 14,4% delle femmine esaminate presentava fino a tre specie di parassiti rizocefali nell'addome; nessun individuo è stato invece trovato con isopodi bopiridi parassiti nelle camere branchiali. Il dimorfismo sessuale è stato evidenziato per tutti i caratteri sessuali secondari esaminati; il carapace e l'addome sono risultati più larghi nelle femmine che nei maschi, le chele più lunghe e larghe nei maschi che nelle femmine. La taglia di maturità sessuale nei maschi, rilevata mediante la presenza/assenza delle ampolle spermatiche nei vasi deferenti, è stata stimata intorno a 11 mm LC. L'analisi morfometrica delle chele ha mostrato l'esistenza di tre tipi di maschi, immaturi (9-11 mm LC), adolescenti (11-19,9 mm LC) e adulti (18,2-27 mm LC).

Parole chiave - Distribuzione batimetrica, struttura della popolazione, biologia riproduttiva, morfometria, *Munida intermedia*, Tirreno settentrionale.

Abstract - *Bio-ecological aspects of Munida intermedia* (Crustacea, Decapoda, Anomura) in the southern Tuscan Archipelago (northern Tyrrhenian Sea). In the southern Tuscan Archipelago the vertical distribution of the galatheid decapod crustacean *Munida intermedia*, obtained from experimental trawl surveys, ranged from 90 to at least 700 m depth. However, the species was more abundant between 200 and

450 m depth, where until to 300 individuals/h were captured. A total of 1456 individuals (754 males and 702 females) were analysed. Sizes ranged from 9 to 27 mm carapace length (CL) for males, from 10 to 24 mm CL for females. The overall sex-ratio male:female was 1.07:1 and did not statistically differ from 1:1. The sizes that form the bulk of the population (11-22 mm CL) were found within the whole bathymetric range of the species. *M. intermedia* is an univoltine species; females moulted in spring (April-May) and their maturity began in April, reaching a peak between September and October. The smallest mature females measured 10 mm CL, suggesting that sexual maturity could start within the first year. Ovigerous females were collected from October to February. The hatching period was estimated to last from half December to February, based on the occurrence of ovigerous females with late stage embryos. The number of eggs (embryos) attached to pleopods ranged from 493 in a female of 10.8 mm LC, to 2543 in a 17.6 CL mm female. A reduction in broad size with development was estimated up to 50% mortality. The uneyed eggs measured 0.708 ± 0.062 mm in size (0.183 ± 0.04 mm³ in volume), those just before hatching 0.777 ± 0.083 mm (0.223 ± 0.06 mm³ in volume). A high percentage of specimens (males 10.5%, females 14.4%), between 11 and 20 mm CL, had external evidence of infestation by rizocephal parasites, represented by three species; no individuals were instead recorded with bopyrid parasites. Sexual dimorphism was demonstrated for all the considered morphometric characters; carapace and abdomen were larger in females than in males, chelae are longer and larger in males than in females. Size at sexual maturity of males, based on the presence/absence of sperm ampulla, was estimated at about 11 mm CL. The allometric growth of their chela width and length indicated the existence of three male instars, immatures (9-11 mm CL), adolescents (11-19.9 mm CL) and adults (18.2-27 mm CL).

Key words - bathymetric distribution, population structure, reproductive biology, morphometry, *Munida intermedia*, northern Tyrrhenian Sea.

INTRODUZIONE

La conoscenza della struttura e delle funzioni delle comunità che danno supporto fisico ed energetico alle risorse oggetto di pesca dovrebbe essere uno dei compiti primari delle ricerche applicate alla pesca, soprattutto di quella demersale, che viene eseguita con reti a strascico. Questi attrezzi attuano una raccolta poco selettiva in quanto catturano anche molte specie bentonectoniche che nella quasi totalità vengono rigettate in mare, non avendo interesse commerciale. Tale attività

(*) Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse, c.so Europa 26, 16132 Genova; e-mail: mario.mori@fastwebnet.it

(**) Centro Interuniversitario Biologia Marina ed Ecologia Applicata, Livorno.

(***) Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente, Pisa.

può avere un impatto considerevole anche sul benthos, in quanto può determinare alterazioni nella struttura del substrato in cui vivono micro e meiobenthos, importanti gruppi trofici alla base delle catene alimentari di molte specie oggetto di pesca (Abelló, 1986; Jennings & Kaiser, 1998).

La maggior parte degli studi sui crostacei decapodi del Mediterraneo ha riguardato le specie economicamente importanti, mentre quelle che quelle abitualmente vengono rigettate in mare come scarto sono ancora poco studiate, sebbene alcune di esse abbiano grande importanza per l'ecosistema bentonico (Abelló, 1986).

I fondi strascicabili della scarpata continentale dell'Arcipelago Toscano meridionale sono interessati da un'intensa attività di pesca (De Ranieri, 1995; Sbrana *et al.*, 2003), esercitata principalmente per la cattura del nasello (*Merluccius merluccius*), dello scampo (*Nephrops norvegicus*) e del gambero rosa (*Parapenaeus longirostris*). Tra le numerose specie bentoniche che vivono su questi fondi e che vengono scartate vi è il piccolo crostaceo decapode anomuro *Munida intermedia* (A. Milne Edwards & Bouvier, 1899) (Sartor *et al.*, 2003).

Sebbene non manchino informazioni biologiche su *M. intermedia* (Zariquiey Alvarez, 1968; Mura, 1987; Froglià & Gramitto, 1995; Gramitto & Froglià, 1998), molti aspetti bio-ecologici di questa specie sono ancora poco conosciuti. Con il presente studio ci siamo proposti di definire la distribuzione batimetrica, l'abbondanza relativa, la struttura della popolazione, la biologia riproduttiva, la muta e l'accrescimento relativo della specie nell'Arcipelago Toscano meridionale.

MATERIALI E METODI

I campioni di *M. intermedia* sono stati raccolti nell'Arcipelago Toscano meridionale (Mar Tirreno settentrionale) nell'area tra le Isole d'Elba e di Giannutri, da 6 a 700 m di profondità, pari a 7326 km² di superficie totale.

I dati relativi alla distribuzione batimetrica e all'abbondanza sono stati ottenuti tramite campagne di pesca a strascico sperimentale svolte negli anni 1985-86-87. Il campionamento era stato strutturato come stratificato casuale; l'area era stata suddivisa in cinque strati batimetrici (Tab. 1), ognuno ripartito in quadrati o rettangoli di lunghezza di 3 miglia, pari alla distanza per-

corsa mediamente in un'ora di cala (De Ranieri *et al.*, 1988). All'interno di ogni strato veniva scelto, con criterio casuale, un numero di cale proporzionale all'area dello strato stesso. Annualmente sono state effettuate 60 cale di un'ora ciascuna (30 in primavera e 30 in estate), per un totale di 180 cale nel triennio (Tab. 1); tutte le cale sono state effettuate da un'ora dopo l'alba ad un'ora prima del tramonto.

I campioni per lo studio degli aspetti biologici di *M. intermedia* sono stati invece raccolti durante campagne di pesca a strascico sperimentale eseguite mensilmente nella stessa area, da ottobre 1994 a febbraio 1996, tra 130 e 700 m di profondità.

Su tutti gli esemplari è stata rilevata, con un calibro cursore con una precisione di 0,1 mm, la lunghezza del carapace (LC, Fig. 1), rilevata dall'orbita dell'occhio al margine posteriore del carapace; successivamente è stato assegnato il sesso e lo stadio maturativo delle gonadi, sono stati valutati la presenza di uova tra i pleopodi, lo stadio di muta e la presenza/assenza nell'addome e nelle branchie, di parassiti rizocefali e bopiridi. Per entrambi i sessi, sono state rilevate le seguenti misure morfometriche: ampiezza del carapace (AC), ampiezza dell'addome (AA), lunghezza (LCh) e ampiezza (ACh) del propodio del primo pereopode (Fig. 1).

La maturità delle femmine è stata determinata sulla base della morfologia e del grado di sviluppo degli ovari: stadio I (riposo), gonadi bianco-traslucide; stadio II (in maturazione), gonadi giallo-arancio con ovociti nello stadio iniziale o avanzato della vitellogenesi; stadio III (maturo), gonadi verde chiaro con ovociti prossimi all'emissione. La maturità delle femmine è stata valutata anche sulla base della morfologia delle aperture genitali: quando erano chiuse l'individuo era considerato immaturo, quando aperte, maturo (Relini Orsi & Mori, 1979).

La maturità sessuale dei maschi, poiché essi hanno un ciclo sessuale meno marcato di quello delle femmine, è stata studiata suddividendo gli esemplari in: immaturi, individui con vasi deferenti traslucidi e privi di ampolle spermatiche, e maturi, con vasi deferenti di color lattescente e ripieni di ampolle spermatiche. La presenza/assenza di queste strutture è stata verificata con microscopio ottico (200x), dopo schiacciamento su vetrino e colorazione dei tessuti con Blu di Toluidina. Sono stati analizzati, quando presenti, almeno 10 individui delle seguenti classi di taglia: < 10 mm LC; tra 10 e 20 mm LC; > 20 mm LC.

Tab. 1 - Valore delle superficie per strato batimetrico e numero di cale effettuate durante le campagne di pesca eseguite negli anni 1985-1986-1987.

Strato	Intervallo di profondità (m)	Superficie km ²	km ² non strascicabili	n cale anno	Totale cale 1985-86-87
A	6-50	831	180	6	18
B	51-100	1.287	278	12	24
C	101-200	2.487	250	20	60
D	201-450	1.481	260	12	36
E	451-700	1.240	190	10	30
Totale	6-700	7.326	1.158	60	180

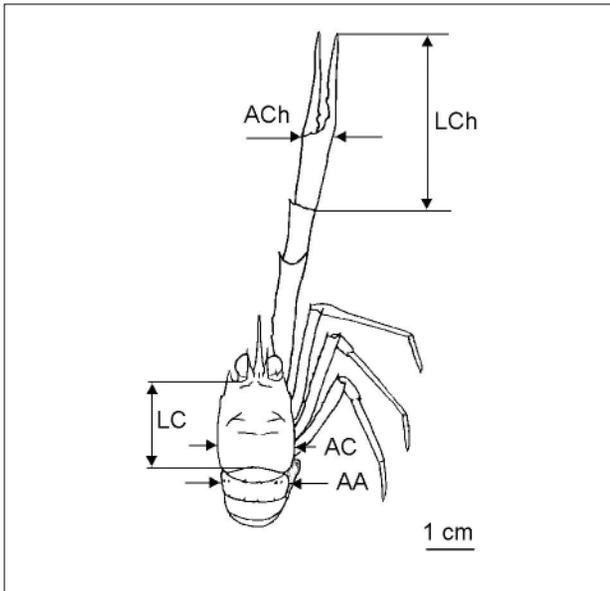


Fig. 1 - Misure morfometriche rilevate in *M. intermedia*. LC: lunghezza del carapace; AC: larghezza del carapace; AA: larghezza addome; LCh: lunghezza propodio; ACh: larghezza propodio.

Riguardo alla muta, sono stati considerati solo due stadi: intermuta e postmuta. Nel primo l'esoscheletro degli individui è totalmente calcificato e al tatto risulta di una consistenza dura, per nulla flessibile; nel secondo l'esoscheletro è totalmente molle o inizia a calcificarsi, presentando al tatto una consistenza cartacea.

Le uova incubate dalle femmine ovigere (embrioni) sono state classificate come stadio A (senza occhi) e stadio B (con occhi grandi e cromatofori visibili). La fecondità è stata stimata contando il numero di uova per le femmine nello stadio B. Le uova sono state rimosse da ciascuna femmina ovigera immediatamente dopo la cattura e, prima di essere preservate in una soluzione al 5% di formalina tamponata, sono state misurate, con una precisione di 0,01 mm, ad uno stereomicroscopio munito di oculare micrometrico. La taglia delle uova è stata stimata considerando la media delle loro dimensioni massime e minime, mentre il volume è stato calcolato utilizzando la formula di un ellissoide in quanto la loro morfologia è simile a questa figura geometrica:

$$V = \pi LW^2/6$$

dove V, L and W sono rispettivamente, volume, lunghezza e larghezza dell'uovo.

La fecondità di ciascun esemplare è stata stimata utilizzando la seguente metodica: se il numero di uova era inferiore a 500 esse sono state conteggiate totalmente, oltre tale valore esse venivano suddivise in due contenitori tarati in cui in uno erano poste almeno 500 uova e nell'altro le rimanenti. Entrambi i contenitori venivano poi messi in stufa a 60 °C per almeno 48 ore e successivamente pesati con una precisione allo 0,001

g. Il numero totale di uova per ciascuna femmina ovigera è stato quindi calcolato con la seguente formula:

$$F = F_{sub} * PT / P_{sub}$$

F = numero uova totali; F_{sub} = numero uova del subcampione; PT = peso secco totale delle uova; P_{sub} = peso secco del subcampione di uova.

L'analisi dei dati è stata eseguita seguendo i metodi standard descritti in Sokal & Rohlf (1981). L'omoscedasticità della varianza è stata valutata mediante il test-t di Bartlett. Gli individui che ospitavano parassiti sono stati esclusi da tutte le analisi.

Lo studio delle relazioni morfometriche è stato realizzato utilizzando l'equazione potenziale, $Y = aX^b$. Dopo trasformazione logaritmica, questa curva diventa una retta: $\log Y = b \log X + \log a$, dove Y è la variabile dipendente, X la variabile indipendente; a (intercetta) e b (pendenza) sono invece i parametri delle regressioni ottenuti mediante il metodo dei minimi quadrati. La lunghezza del carapace è stata utilizzata come variabile indipendente, dato che è una dimensione rappresentativa della taglia dell'animale, le altre misure sono state considerate variabili dipendenti. L'allometria della pendenza (b) delle rette di regressione è stata verificata confrontandola contro il valore isometrico (b = 1) mediante un test-t di Student (Scossiroli & Palenzona, 1976). L'analisi della covarianza è stata usata per comparare una o più coppie di regressioni (Sokal & Rohlf, 1981).

RISULTATI

Distribuzione e abbondanza relativa

Munida intermedia è stata raccolta tra 90 m e 700 m di profondità, in tutti gli strati batimetrici considerati, eccetto quello più costiero (strato A), (Fig. 2). Nello

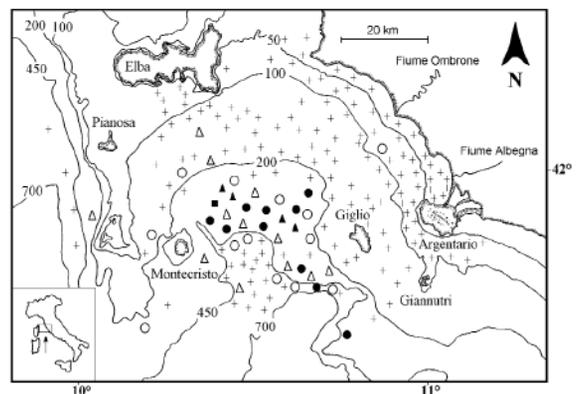


Fig. 2 - Distribuzione e abbondanza relativa di *M. intermedia* nell'Arcipelago Toscano meridionale. + : assente; cerchio bianco: 1-5 individui/ora; triangolo bianco: 6-20 individui/ora; cerchio nero: 21-100 individui/ora; triangolo nero: 101-300 individui/ora; quadrato nero: > 300 individui/ora.

strato B questa specie è risultata presente soltanto in un'area ristretta, davanti al fiume Ombrone, mentre nel C solo in aree site a Sud dell'Isola d'Elba: la maggiore abbondanza è stata riscontrata nello strato D (Fig. 3), dove in una cala sono stati catturati fino a 300 individui per ora di cala. *M. intermedia*, in quest'ultimo strato, si colloca, rispetto agli altri crostacei decapodi raccolti, al terzo posto come biomassa e al quinto come numero di individui (Fig. 4). Le prime due specie, lo scampo (*N. norvegicus*) e il gambero rosa (*P. longirostris*), sono i crostacei di maggiore importanza per la pesca commerciale della zona. Altri macroinvertebrati trovati in associazione con questo piccolo galateide, in almeno il 25% delle cale, sono i molluschi gasteropodi *Aporrhais serresianus*, *Calliostoma granulatum*, *Cassidaria echinofora*, *Fusinus rostratus* e *Cavolinia* sp, lo cnidario *Pennatula phosphorea* e l'echinoderma *Astropecten irregularis*.

Struttura della popolazione

I maschi misuravano tra 9 e 27 mm LC, le femmine tra 10 e 24 mm (Fig. 5); la taglia media dei primi ($15,67 \pm 2,75$ mm) è risultata significativamente maggiore ($t = 5,20, p < 0,01$) di quella delle femmine ($14,99 \pm 2,11$ mm), così come la mediana (test di Kolmogorov-Smirnov, $D = 0,09, p < 0,001$).

La percentuale dei maschi (51,8%) e delle femmine (48,2%), non si è discostata significativamente dal rapporto teorico di 1:1 (test $\chi^2 = 1,85$). Lo stesso test ha anche indicato che i maschi erano significativamente più numerosi delle femmine nelle taglie più grandi, cioè tra 19 e 27 mm LC (Fig. 6).

Relazione taglia-profondità

In Tabella 2 sono riportate le taglie medie, per sesso, di *M. intermedia* negli strati batimetrici in cui sono state ottenute le maggiori catture di questa specie. Sebbene si osservi una leggera diminuzione della taglia media verso lo strato più profondo, le analisi eseguite tra taglie medie (t di Student, maschi: $t = 0,001, p > 0,05$; femmine: $t = 0,04, p > 0,05$) e mediane (Kolmogorov-Smirnov, maschi: $D = 0,083, p > 0,05$; femmine: $D = 0,063, p > 0,05$) han-

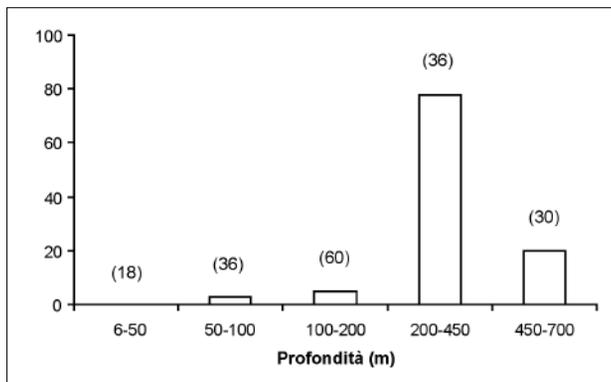


Fig. 3 - Presenza, in percentuale, di *M. intermedia* nei vari strati batimetrici considerati. In parentesi è indicato il numero di cale eseguito in ciascuno strato.

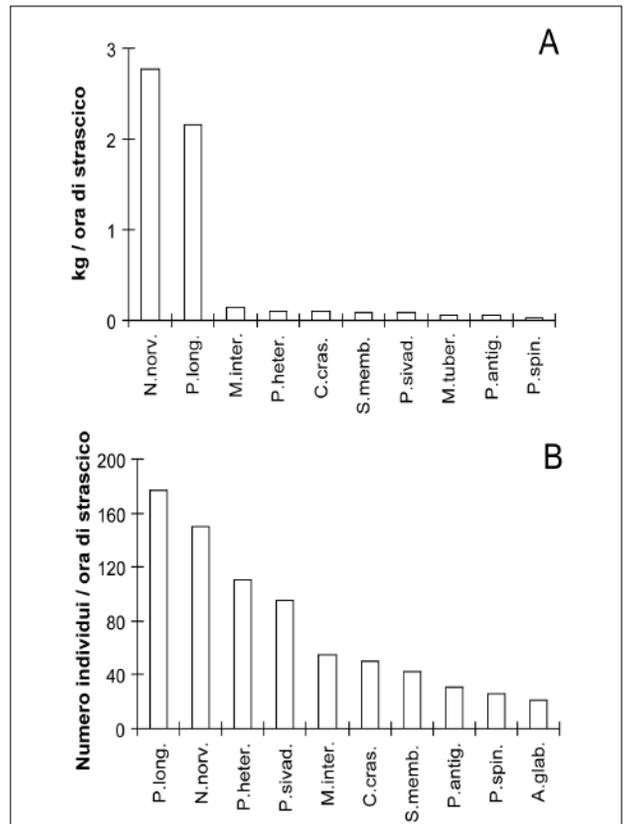


Fig. 4 - Crostacei decapodi associati a *M. intermedia* nell'intervallo batimetrico 201-450 m. A: biomassa; B: abbondanza. N. norv.: *Nephrops norvegicus*; P. long.: *Parapenaeus longirostris*; P. heter.: *Plesionika heterocarpus*; P. sivad.: *Pasiphaea sivado*; M. inter.: *Munida intermedia*; C. cras.: *Chlorotocus crassicornis*; S. memb.: *Solenocera membranacea*; P. antig.: *Plesionika antigai*; P. spin.: *Pontophilus spinosus*; A. glab.: *Alpheus glaber*; M. tuber.: *Macropipus tuberculatus*.

no evidenziato che le taglie medie erano egualmente distribuite nei due intervalli batimetrici considerati.

Ciclo riproduttivo e muta

Femmine immature sono state osservate fino a 14 mm LC, anche se molte tra le più piccole catturate (10 mm LC) presentavano ovari maturi o erano ovigere.

In Figura 7 sono rappresentate le frequenze mensili dei vari stadi ovarici. La maturazione delle gonadi nella maggior parte delle femmine inizia a luglio e termina ad ottobre, sebbene siano stati trovati individui con ovari in vitellogenesi avanzata fino a gennaio. La muta avviene principalmente tra marzo e giugno (Fig. 8); femmine ovigere sono state raccolte, benché in numero limitato, da ottobre a febbraio, con un massimo nel mese di dicembre (Fig. 7). Femmine con uova prossime alla schiusa (stadio B) sono state raccolte soltanto tra la metà di dicembre e febbraio. Le femmine in muta sono state trovate per lo più dopo il periodo della schiusa delle uova, mentre nel periodo di maturazione ovarica ne sono stati osservati solo pochi esemplari.

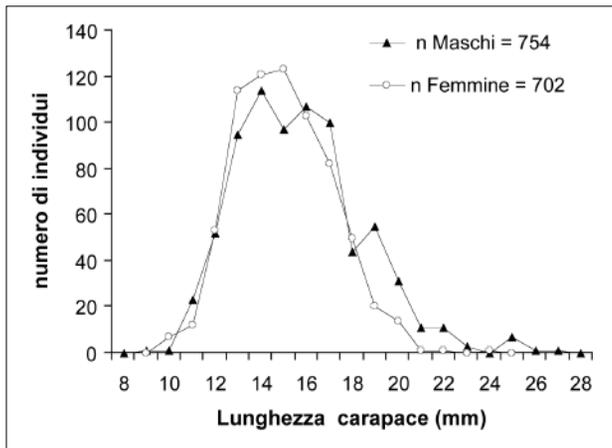


Fig. 5 - Distribuzione delle frequenze di taglia dei maschi e delle femmine di *M. intermedia* nell'Arcipelago Toscano meridionale.

Ampolle spermatiche colme di spermatozoi sono state trovate nei vasi deferenti dei maschi di taglia superiore a 10 mm LC. Maschi in muta sono stati raccolti in scarso numero in tutti i mesi dell'anno.

Fecondità

Le dimensioni della uova nei vari stadi di sviluppo considerati sono riportate in Tabella 3; la fissazione in formalina, per il tempo considerato, non sembra averne influenzato le dimensioni (senza occhi $t = 0,348, p > 0,05$; con occhi $t = 0,040, p > 0,05$). Con il progredire dello sviluppo, è stato rilevato un incremento nelle dimensioni lineari delle uova (Tab. 3), così come del loro volume (senza occhi: $0,183 \pm 0,04 \text{ mm}^3$; con occhi: $0,223 \pm 0,06 \text{ mm}^3, t = 2,774, p < 0,008$).

La Figura 9 mostra sia la relazione tra numero di uova con occhi e taglia delle femmine, sia la curva potenziale derivata dai parametri della regressione stimata. Le femmine, tra 10,8 e 17,6 mm LC, incubavano una media di 1.180 ± 547 uova ciascuna. Il valore di r^2 conferma l'ampia variabilità del numero di uova incubate da ciascuna femmina (56,7% della varianza).

Parassiti

Sono state osservate fino a tre differenti specie di rizocefali parassiti per individuo. Il tasso totale di infestazione è stato pari al 12,1%, quello delle femmine è risultato del 14,4% significativamente superiore a quello dei maschi, pari al 10,5% ($\chi^2 = 4,46; p < 0,05$) (Fig. 10). Gli individui parassitati misuravano tra 11 e 20 mm LC e tutte le femmine, catturate durante la matu-

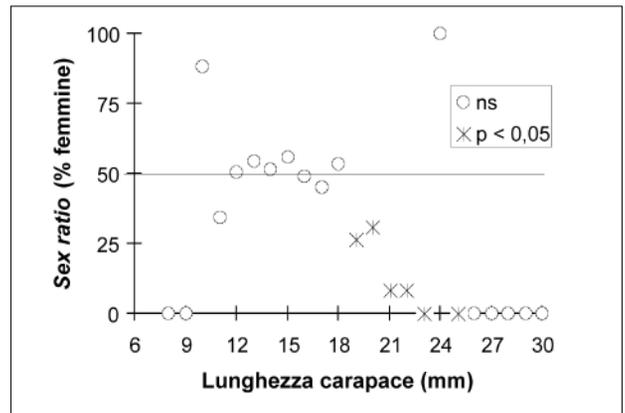


Fig. 6 - Sex ratio di *M. intermedia* in relazione alla taglia. Sono indicati i valori che mostrano una significativa (x) o non significativa (o) deviazione da una sex ratio di 1:1.

razione delle gonadi (estate-autunno), presentavano ovari immaturi e nessuna di esse era ovigerata.

Nelle camere branchiali degli individui esaminati (677 maschi e 630 femmine) non sono mai stati trovati isopodi bopiridi parassiti.

Accrescimento relativo

I parametri delle relazioni morfometriche, ottenuti dall'equazione potenziale, sono presentati in Tabella 4. La relazione tra larghezza e lunghezza del carapace è risultata, in entrambi i sessi, allometrica positiva; a parità di taglia, la larghezza del carapace è più grande nelle femmine che nei maschi, (Tab. 5 e Fig. 11A). La larghezza del palmo della chela cresce nei maschi con una allometria significativamente maggiore di quella delle femmine (Tabb. 4 e 5).

Le analisi istologica delle gonadi e morfologica delle chele (Figg. 11B, 12) portano ad ipotizzare che *M. intermedia* sia caratterizzata da tre tipi di maschi: immaturi, adolescenti e adulti. Negli immaturi e adolescenti i margini interni del dito fisso e mobile delle chele sono paralleli e combaciano (Fig. 12A), mentre negli adulti si forma una cavità ben evidente determinata anche dalla comparsa di denti (Fig. 12B). L'analisi della covarianza (Tab. 5) ha dimostrato che le chele dei maschi adolescenti subiscono un salto di crescita durante il passaggio alla fase adulta. Per i maschi immaturi, dato lo scarso numero di individui raccolto, non è stato possibile stimare alcuna relazione morfometrica. Nelle femmine, invece, la larghezza delle chele risulta aumentare costantemente con l'aumentare della LC. Riguardo alla lunghezza delle chele, è stata rilevata

Tab. 2 - Taglia media (LC) di *M. intermedia* in relazione al sesso e ai due intervalli batimetrici in cui è stata maggiormente catturata.

Profondità (m)	201-450		451-700	
	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine
n	362	341	76	76
LC mm (± DS)	15,45 ± 3,07	14,71 ± 2,18	15,25 ± 2,55	14,75 ± 1,96

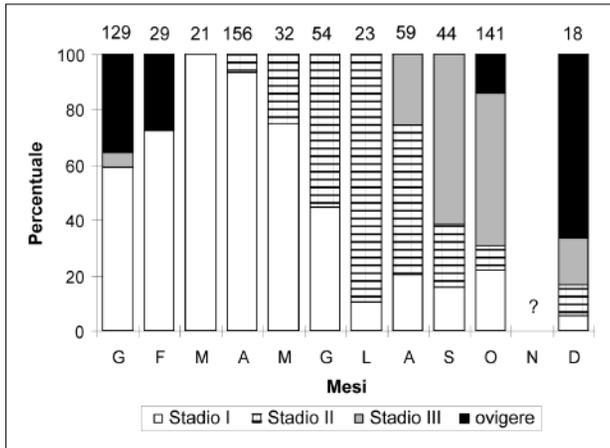


Fig. 7 - Percentuali mensili delle femmine ovigere e delle femmine con ovari in differenti stadi di sviluppo di *M. intermedia*.

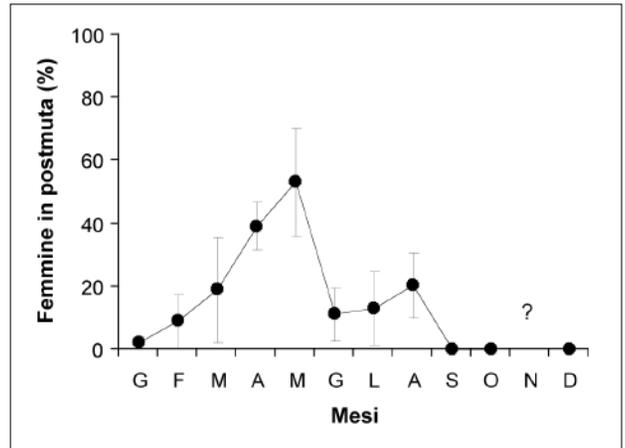


Fig. 8 - Percentuali mensili delle femmine in postmatura di *M. intermedia*. Sono indicati i valori relativi al 95% degli intervalli di confidenza.

una relazione allometrica positiva per i maschi, isometrica per le femmine (Tab. 4); l'analisi della covarianza ha indicato differenze statisticamente significative tra le pendenze e le intercette delle curve nei due sessi (Tab. 5). Nei maschi adolescenti la lunghezza delle chele, come già osservato per la loro larghezza, subisce un salto di crescita durante il passaggio alla fase adulta (Fig. 11C).

La larghezza dell'addome delle femmine ha presentato un'allometria positiva maggiore di quella dei maschi, con un livello di significatività del 99,9% contro il 95% dei maschi (Tab. 4); l'analisi della covarianza ha indicato che le intercette sono significativamente differenti nei due sessi (Tab. 5). La larghezza dell'addome delle femmine è caratterizzata da una crescita proporzionalmente maggiore di quella dei maschi, al crescere di LC (Fig. 11D).

DISCUSSIONE

La distribuzione batimetrica di *M. intermedia* nel Tirreno settentrionale (90-700 m) è risultata simile a quella riportata da Abelló *et al.* (1988) nel Mar Catalano (35-871 m), dove la maggiore abbondanza della specie è stata osservata tra 300 e 450 m di profondità.

Nell'area dello strato B davanti al fiume Ombrone in cui sono stati raccolti alcuni esemplari di *M. intermedia* è stata registrata anche la presenza di altri crostacei decapodi tipici del piano batiale, come *Monodaeus*

couchi e *Calocaris macandreae*. Probabilmente quest'area, designata da Pellegrini *et al.* (1986) come caratteristica dei fanghi terrigeni costieri (VTC, *sensu* Pères & Picard, 1964) costituisce una zona di transizione tra i fanghi VTC e VP (fanghi profondi). Questa zona, come quella dello strato C in cui è risultata presente *M. intermedia*, è tra quelle che annoverano i maggiori depositi sedimentari dell'Arcipelago Toscano meridionale (Ferretti & Manfredi Frattarelli, 1993).

I valori degli indici di densità e biomassa della specie (fino a 300 individui per ora di cala), sebbene non permettano una reale stima della popolazione presente nel Tirreno settentrionale, suggeriscono che essa possa costituire in quest'area un'importante potenziale risorsa per molte specie carnivore. Recenti studi hanno però dimostrato che *M. iris rutilanti* e *M. intermedia* raramente vengono predate dai pesci (Sanz Brau & Morte, 1992; Sartor, 1995), mentre la stessa *M. iris rutilanti* e *M. subrugosa* e *M. gregaria* fanno parte della dieta squali come *Schroederichthys bivius*, *Squalus acanthias*, *Galeus melastomus* e *Scyliorhinus canicula* (Hanchet, 1991; Sanz Brau & Morte, 1992; Matallanas *et al.*, 1993).

Le taglie che formano la maggior parte della popolazione (11-22 mm LC) sono state trovate entro l'intero intervallo di distribuzione batimetrica della specie. Gramitto & Frogliola (1998) hanno trovato individui a partire da 4 mm LC, mentre la taglia minima da noi osservata è stata di 9 mm LC; questa differenza è da

Tab. 3 - Diametro medio delle uova (embrioni) senza occhi e con occhi, misurate poche ore dopo la cattura (fresche) e dopo una fissazione in formalina al 5% per novanta giorni (fissate).

	Uova fresche		Uova fissate	
	senza occhi	con occhi	senza occhi	con occhi
n	25	22	25	22
Diametro (mm) ± DS	0,708 ± 0,062	0,777 ± 0,083	0,702 ± 0,063	0,778 ± 0,083

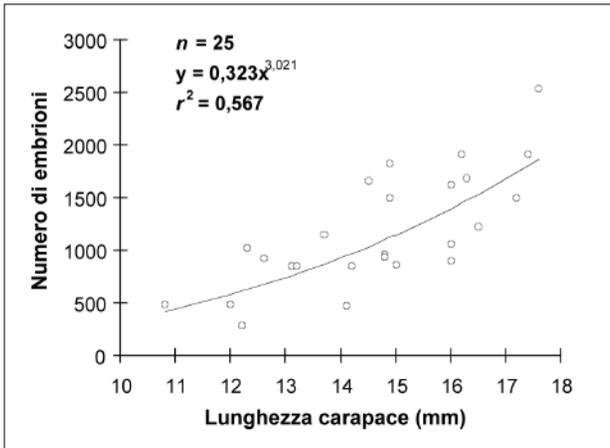


Fig. 9 - Relazione tra il numero di uova prossime alla schiusa e la lunghezza del carapace di *M. intermedia*.

mettere in relazione alla differente selettività degli attrezzi di campionamento.

Sia la taglia minima delle femmine mature, 10 mm LC, sia il periodo di ritrovamento delle femmine ovigere (ottobre-febbraio), concordano con quanto osservato per altre popolazioni mediterranee, come quelle del Mar Catalano, Sardegna e Adriatico (Zariquiey Alvarez, 1968; Mura, 1987; Gramitto & Frogliola, 1998). Le taglie delle più piccole femmine ovigere trovate suggeriscono che la maturità sessuale possa essere raggiunta già entro il primo anno di vita. Gramitto & Frogliola (1998) hanno ipotizzato per *M. intermedia* una vita post-larvale di circa quattro anni. Altre specie dello stesso genere sembrano essere più longeve, fino a sette-otto anni nel caso di *M. subrugosa* (Rodríguez & Bahamonde, 1986).

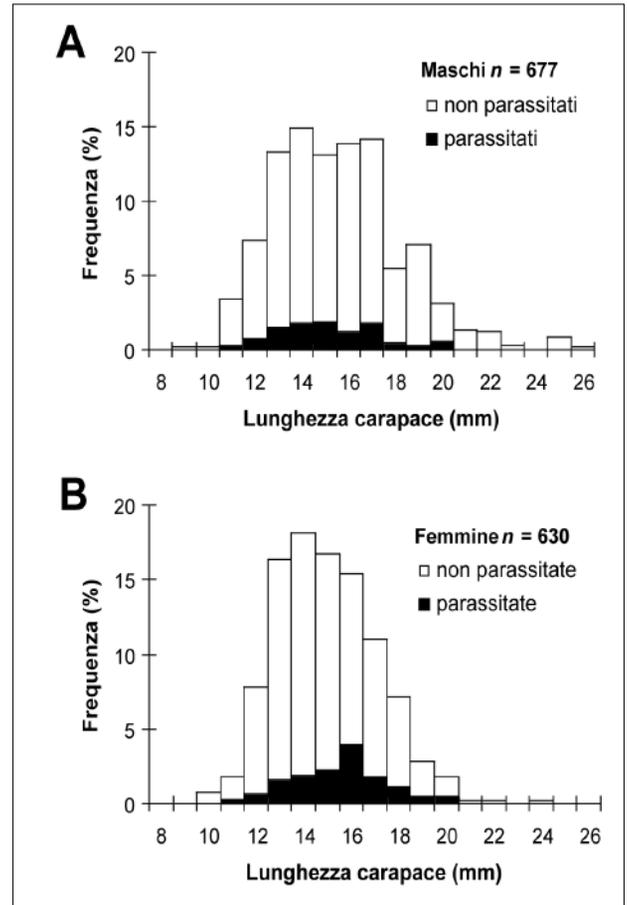


Fig. 10 - Frequenza, in percentuale, dei maschi (A) e delle femmine (B) di *M. intermedia* parassitati da rizocefali.

Tab. 4 - *M. intermedia*: parametri dalle regressioni di ciascuna variabile morfometrica contro la lunghezza del carapace (LC).

Misure/LC	Sesso	n	LC (mm) min-max	Log a	b	ESb	r	t	SA
AC	M	215	9-25,1	-0,0966	1,0269	0,009	0,990	2,72	+
	F	174	9,2-23,2	-0,0959	1,0355	0,016	0,978	2,12	+
ACh	M	129	10,8-26,8	-1,6934	1,9207	0,070	0,943	7,07	+
	F	72	10,1-23,2	-1,1537	1,4207	0,059	0,943	7,07	+
	M adolescenti	106	10,8-19,9	-1,1894	1,4860	0,084	0,862	5,74	+
	M adulti	21	18,2-26,8	-1,7307	1,9905	0,062	0,836	3,31	+
LCh	M	183	9-24,9	-0,0264	1,2628	0,027	0,958	9,41	+
	F	101	10,1-23,2	0,2829	0,9603	0,035	0,938	1,11	0
	M adolescenti	154	10,8-19,9	0,0738	1,1762	0,040	0,921	4,37	+
	M adulti	27	18,2-24,9	0,2490	1,0653	0,124	0,858	0,51	0
AA	M	162	10,3-25,1	-0,1483	1,0407	0,015	0,982	2,59	+
	F	126	9,2-23,2	-0,2100	1,1281	0,019	0,981	6,54	+

M: maschi; F: femmine; AC: larghezza carapace; ACh: larghezza propodio; LCh: lunghezza propodio; AA: larghezza addome; n: numero di individui; a: intercetta; b: pendenza; ESb: errore standard della pendenza; r: coefficiente di correlazione; t: H_0 per il test-t di b = 1; SA: stato allometrico; +: allometria positiva; 0: isometria.

Tab. 5 - Comparazione, mediante analisi della covarianza, tra le equazioni di regressione di ciascuna variabile morfometrica trasformata in logaritmi dei maschi e delle femmine e dei maschi adolescenti e adulti di *M. intermedia*.

Confronti	Differenze tra pendenze		Pendenza comune <i>b'</i>	Differenze tra intercette	
	<i>F</i>	Livello di <i>p</i>		<i>F</i>	Livello di <i>p</i>
AC/LC M vs. F	0,37	ns	1,034	46,45	***
ACh/LC M vs. F	19,93	***	1,751	36,14	***
LCh/LC M vs. F	35,17	***	1,162	153,43	***
AA/LC M vs. F	11,94	***	1,079	412,00	***
ACh/LC M adolescenti vs. M adulti	4,61	*	1,479	53,58	***
LCh/LC M adolescenti vs. M adulti	0,44	ns	1,163	12,62	***

ns: non significativo; *: $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$.

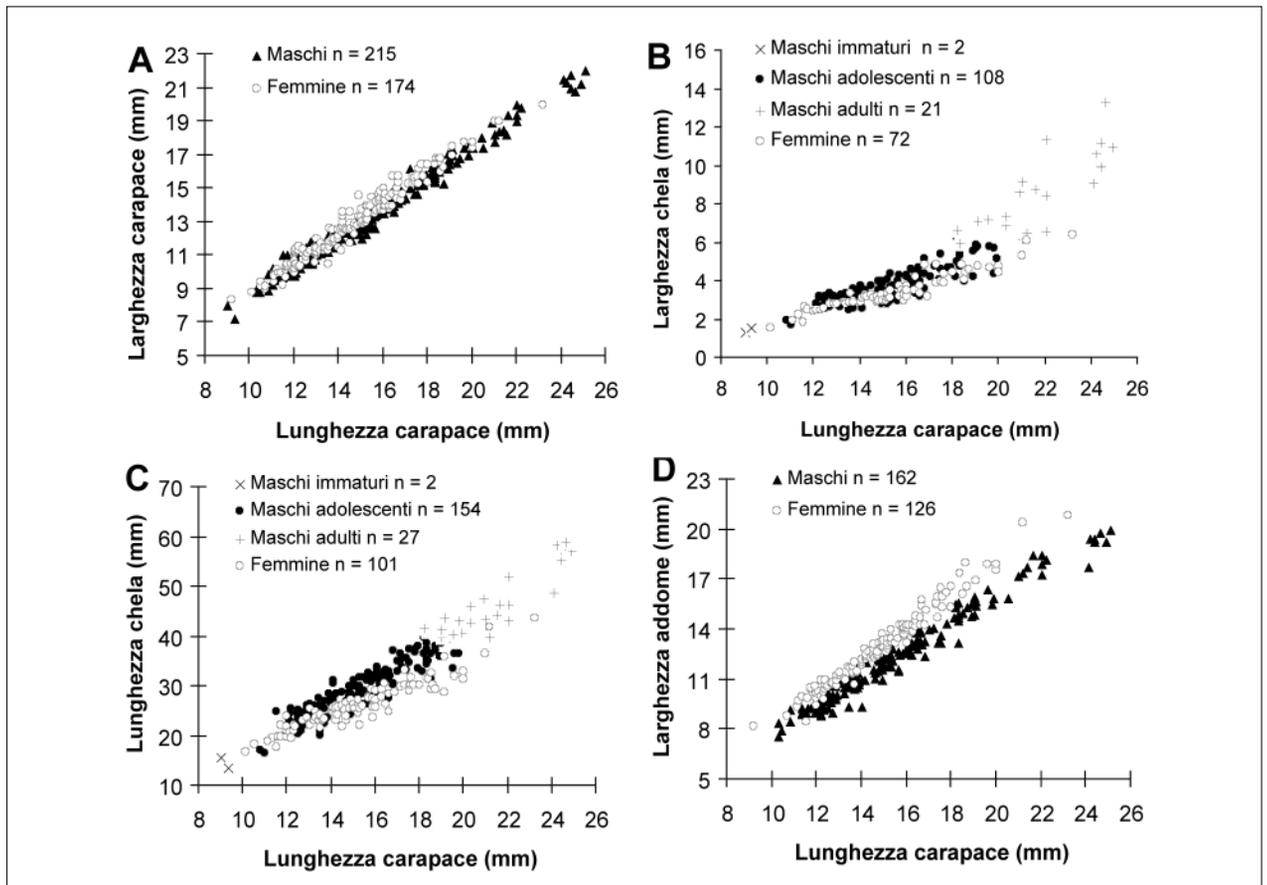


Fig. 11 - Relazione tra le misure morfometriche rilevate e la lunghezza del carapace di entrambi i sessi di *M. intermedia*.

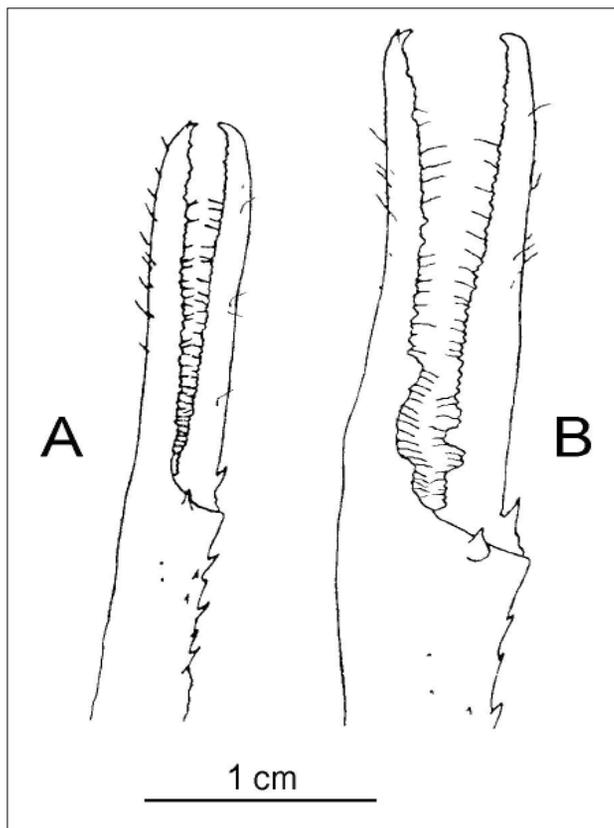


Fig. 12 - Morfologia delle chele dei maschi immaturi e adolescenti (A) e adulti (B) di *M. intermedia*.

Il ciclo di muta delle femmine è risultato strettamente connesso con quello riproduttivo, con la massima frequenza nel periodo successivo alla schiusa delle uova. Questi dati, uniti al fatto che le femmine ovigere sono state sempre trovate con ovari allo stadio I, confermano che *M. intermedia* è specie univoltina, come ipotizzato da Gramitto & Froglià (1998). La separazione temporale tra la crescita (muta) e il processo di maturazione delle gonadi è stata osservata in molte altre specie di crostacei decapodi (es. Mori & Zunino, 1987; Abelló, 1989a,b). Entrambi i processi, secondo Hartnoll (1985) e Abelló (1989b), richiedono energia, per cui, separandoli, l'individuo concentra le proprie forze verso un unico processo, aumentando così l'efficienza dell'energia investita.

La presenza di femmine con uova prossime alla schiusa (stadio B), riscontrata tra la metà di dicembre e febbraio, potrebbe indicare che queste vengono incubate, in accordo con quanto riportato da Gramitto & Froglià (1998), per almeno tre mesi.

La fecondità di *M. intermedia*, sebbene caratterizzata da un'alta variabilità, è risultata proporzionale alla taglia materna, in accordo con quanto è stato osservato nella quasi totalità dei crostacei decapodi (Abelló & Sardá, 1982; Mori, 1986a,b; Mori & Zunino, 1987; Abelló, 1989a; Mori *et al.*, 1998). Gramitto & Froglià

(1998) hanno stimato una fecondità maggiore per *M. intermedia* dell'Adriatico (da 1300 a 4900 uova per individuo) rispetto ai valori da noi riscontrati (da 500 a 2500). Le differenze sono probabilmente dovute ai diversi stadi di sviluppo delle uova considerati; gli Autori adriatici hanno stimato la fecondità sulla base di uova appena deposte, in questo lavoro sono state considerate le uova prossime alla schiusa. È infatti noto che la fecondità diminuisce con l'aumentare del tempo d'incubazione; secondo Kuris (1991) la perdita delle uova durante l'incubazione è causata da diversi fattori, come l'abrasione con il substrato, l'attrezzo di cattura, il cannibalismo materno, ed anche dalla predazione ad opera di nemertini. Nel corso delle ricerche, non sono mai stati trovati nemertini nelle femmine ovigere di *M. intermedia*, sebbene la loro presenza sia stata segnalata nel Tirreno settentrionale in una femmina ovigera di *N. norvegicus* (Mori *et al.*, 1998).

Il confronto delle stime di fecondità ottenute a partire da uova senza occhi (Gramitto & Froglià, 1998) con quelle da noi ottenute da uova con occhi, cioè prossime alla schiusa, indica che durante il periodo d'incubazione *M. intermedia* possa perdere circa il 50% delle uova prodotte, in accordo tra l'altro con i valori indicati per molte altre specie di crostacei decapodi (Kuris, 1991).

I risultati riguardanti una maggiore infestazione delle femmine rispetto ai maschi da parte di rizocefali e la possibile presenza di tre diverse specie di questi parassiti per individuo, concordano con quanto riportato da Froglià & Gramitto (1995). I dati confermano anche quanto scritto nel passato da Reverberi (1949), e cioè che nella quasi totalità dei crostacei decapodi le femmine risultano maggiormente parassitate rispetto ai maschi. Future ricerche dovranno essere indirizzate ad esaminare in dettaglio le differenti modificazioni che i rizocefali sembrano esercitare sul corpo dell'ospite (Brinkmann, 1936).

L'assenza di isopodi bopiridi in *M. intermedia* suggerisce che le camere branchiali di questa specie non siano l'habitat ideale per questi parassiti, in accordo con quanto rilevato per le altre specie mediterranee del genere *Munida*. Infatti il bopiride *Pseudione crenulata* è stato trovato solo nell'1-2% degli individui di *M. rugosa* (Bourdon, 1968) e nello 0,06% di *M. tenuimana* (Mori *et al.*, 1999).

La larghezza maggiore del carapace nelle femmine rispetto ai maschi, osservata in molti crostacei decapodi (Finney & Abele, 1981; Huber, 1985; Mori, 1994; Mori *et al.*, 1995), è in relazione con il maggiore spazio occupato dagli ovari rispetto a quello che è necessario per contenere le ghiandole sessuali maschili.

Nonostante la mancanza di un consistente numero di individui di piccola taglia, è stato ugualmente possibile, mediante l'analisi istologica delle gonadi e morfometrica degli arti, identificare tre categorie di maschi: immaturi, adolescenti e adulti. Un cambiamento nell'allometria delle chele tra adolescenti ed adulti è stato osservato anche in *Munida iris* (Williams & Brown, 1972) e *M. rugosa* (Modena *et al.*, 2001), ma non sembra essere una caratteristica comune a tutti gli appartenenti a questo genere (Hartnoll *et al.*, 1992). La diver-

sa crescita delle chele degli adolescenti rispetto a quelle degli adulti è stata invece descritta in altre specie di decapodi, ad esempio nei macruri reptanti *Homarus americanus* e *N. norvegicus* (Aiken & Waddy, 1980; Sardá *et al.*, 1981; Mori *et al.*, 1996). In queste specie è stato dimostrato che gli adolescenti sono individui maturi fisiologicamente ma immaturi morfologicamente, mentre gli adulti risultano maturi per entrambi i caratteri. Le chele sono usate in un'ampia varietà di interazioni comportamentali, come corteggiamento, difesa, combattimento e esibizioni agonistiche (Hartnoll, 1982; Vannini & Gherardi, 1988). Warner (1970) riporta che la dominanza gerarchica entro una specie è determinata dalla taglia delle chele e dunque il possesso di chele grandi potrebbe essere un vantaggio adattativo, poiché un individuo con chele più grandi risulterebbe avvantaggiato nei combattimenti con altri maschi, soprattutto in quelli relativi all'accoppiamento. Sebbene la forma delle chele possa differire considerevolmente tra specie, generalmente essa è designata a massimizzare la loro taglia apparente e quindi a valorizzare l'individuo. Nelle interazioni agonistiche, i decapodi spesso dispongono le chele orizzontalmente, dando l'apparenza di essere più grandi di quello che sono in realtà (Hartnoll, 1985).

La crescita di tipo allometrico positivo della larghezza dell'addome di *M. intermedia* nei confronti della lunghezza del carapace concorda con quanto osservato per la maggior parte dei crostacei decapodi (Hartnoll, 1982; Finney & Abele, 1981; Vannini & Gherardi, 1988); questo porterebbe le femmine, nel corso della crescita, a massimizzare la capacità di incubare le uova, aumentando così il loro potenziale riproduttivo (Hartnoll, 1974; Finney & Abele, 1981).

BIBLIOGRAFIA

- Abelló P., 1986. Anàlisi de les poblacions de crustacis decapodes demersals al litoral català: aspectes biològics del braquiur *Liocarcinus depurator*. Tesi de Doctorat en Biologia, Universitat de Barcelona.
- Abelló P., 1989a. Reproduction and moulting in *Liocarcinus depurator* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the northwestern Mediterranean Sea. *Sci. Mar.* 53: 127-134.
- Abelló P., 1989b. Reproductive biology of *Macropipus tuberculatus* (Roux, 1830) (Brachyura: Portunidae) in the northwestern Mediterranean. *Ophelia* 30: 47-53.
- Abelló P., Sardá F., 1982. The fecundity of the Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) off the Catalan and Portuguese coasts. *Crustaceana* 43: 13-20.
- Abelló P., Valladares F.J., Castellón A., 1988. Analysis of the structure of decapod crustacean assemblages off the Catalan Coast (North-West Mediterranean). *Mar. Biol.* 98: 39-49.
- Aiken D., Waddy E.S.L., 1980. Reproductive biology. In: Cobb J.S., Philips B.F. (eds.), *The biology and management of lobsters*, Vol. I: 215-276. Academic Press, New York.
- Bourdon R., 1968. Les Bopyridae des mers européennes. *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. Ser. A. Zoologie Paris* 50: 77-424.
- Brinkmann A., 1936. Die nordischen Munidaarten und ihre Rhizocephalen. *Bergens Mus. Skrifler* 18: 1-111.
- De Ranieri S., 1995. Le risorse demersali nell'Arcipelago Toscano meridionale. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem. Ser. A* 52 (suppl.): 185-195.
- De Ranieri S., Belcari P., Biagi F., Mori M., Pellegrini D., 1988. Valutazione delle risorse demersali tra l'Isola d'Elba e l'Isola di Giannutri: primi risultati delle campagne 1985. In: *Atti Seminario «Valutazione delle risorse demersali»*, Ministero Marina Mercantile & CNR, Roma, 3: 1167-1195.
- Ferretti O., Manfredi Frattarelli F.M., 1993. Caratterizzazione granulometrica e mineralogica dei sedimenti marini superficiali tra l'isola d'Elba e l'Argentario (Tirreno settentrionale). In: O. Ferretti, F. Immordino, V. Damiani (eds.), *Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico*: 171-184. Arti Grafiche S. Marcello, Roma.
- Finney W.C., Abele L.G., 1981. Allometric variation and sexual maturity in the obligate coral commensal *Trapezia ferruginea* Latreille (Decapoda, Xanthidae). *Crustaceana* 41: 113-129.
- Frogliola C., Gramitto M.E., 1995. Crustacea Decapoda assemblage of the Western Pomo Pit. II. Reproduction. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 34: 30.
- Gramitto M.E., Frogliola C., 1998. Notes on the biology and growth of *Munida intermedia* (Anomura: Galatheididae) in the western Pomo Pit (Adriatic Sea). *J. Nat. Hist.* 32: 1553-1566.
- Hanchet S., 1991. Diet of spiny dogfish, *Squalus acanthias* Linnaeus, on the east coast, South Island, New Zealand. *J. Fish Biol.* 39: 313-323.
- Hartnoll R.G., 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana* 27: 131-136.
- Hartnoll R.G., 1982. Growth. In: Abele L.G. (ed.), *The biology of Crustacea. 2. Embryology, morphology and genetics*: 11-196. Academic Press, New York.
- Hartnoll R.G., 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. *Crustacean Issues* 3: 101-128.
- Hartnoll R.G., Rice A.L., Attrill M.J., 1992. Aspects of the biology of the galatheid genus *Munida* (Crustacea, Decapoda) from the Porcupine Seabight, Northeast Atlantic. *Sarsia* 76: 231-246.
- Huber M.E., 1985. Allometric growth of the carapace in *Trapezia* (Brachyura, Xanthidae). *J. Crust. Biol.* 5: 79-83.
- Jennings S., Kaiser M.J., 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Mar. Biol.* 34, 351 pp.
- Kuris A.M., 1991. A review of patterns and causes of crustacean brood mortality. In: Wenner A., Kuris A. (eds.), *Crustacean egg production*: 117-141. Balkema, Rotterdam.
- Matallanas J., Carrasón M., Casadevall M., 1993. Observations on the feeding habits of the narrow mouthed cat shark *Schroederichthys bivius* (Chondrichthyes, Scyliorhinidae) in the Beagle Channel. *Cybiurn* 17: 55-61.
- Modena M., Mori M., Vacchi M., 2001. Note sui crostacei malacostraci raccolti in aree adiacenti alla M/C Haven (Mar Ligure). *Biol. Mar. Médit.* 8: 675-679.
- Mori M., 1986a. Contribution to the biology of *Paromola cuvieri* (Crustacea: Decapoda: Homolidae) in the Ligurian Sea. *Oebalia* 13 n.s.: 49-68.
- Mori M., 1986b. Observations on the reproductive biology of *Medorippe lanata* (Crustacea Decapoda Dorippidae) in the Gulf of Genoa. *Oebalia* 13 n.s.: 77-87.
- Mori M., 1994. Relative growth and sexual maturity of *Ilia nucleus* (L.) (Crustacea, Decapoda). *Spixiana* 17: 21-26.
- Mori M., Abelló P., Mura M., De Ranieri S., 1995. Population characteristics of the bathyal crab *Monodaeus couchii* (Crustacea, Brachyura, Xanthidae) in the western Mediterranean. *Miscel. Zool. Barcelona* 21: 33-43.
- Mori M., Biagi F., De Ranieri S., 1996. Morphometric analysis of the size at sexual maturity and handedness in *Nephrops norvegicus* (L.) of the North Tyrrhenian Sea. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova* 60-61:165-178.
- Mori M., Biagi F., De Ranieri S., 1998. Fecundity and egg loss during incubation in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the North Tyrrhenian Sea. *J. Nat. Hist.* 32: 1641-1650.
- Mori M., Orecchia S., Biagi F., 1999. The occurrence of the bopyrid parasite *Pseudione crenulata* G.O. Sars (Isopoda, Epicaridea) in the branchial chamber of *Munida tenuimana* G.O. Sars (Crustacea: Anomura) from North Tyrrhenian Sea. *Doriana* 7 (312): 1-5.
- Mori M., Zunino P., 1987. Aspects of the biology of *Liocarcinus depurator* (L.) in the Ligurian Sea. *Inv. Pesq.* 51 (suppl. 1): 135-145.
- Mura M., 1987. Crostacei Decapodi batiali della Sardegna meridionale. *Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari* 57: 189-199.

- Pellegrini D., Belcari P., Biagi F., De Ranieri S., Mori M., 1986. Osservazioni preliminari sulle biocenosi bentoniche dei fondi strascicabili del Mar Tirreno settentrionale. *Nova Thalassia* 8 (suppl. 3): 649-650.
- Pères J.M., Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume* 47: 3-137.
- Relini Orsi L., Mori M., 1979. Biologia riproduttiva della femmina del granchio edule batiale *Geryon longipes* A. Milne Edwards, 1881. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano* 7: 9-38.
- Reverberi G., 1949. La «castrazione parassitaria» e la determinazione del sesso nei Crostacei. *Arch. Zool. Ital.* 6: 1-115.
- Rodriguez O.L., Bahamonde F.R., 1986. Estimación del crecimiento y mortalidad natural en *Munida subrugosa* del Estrecho de Magallanes. *Inv. Pesq. Santiago* 33: 25-32.
- Sanz Brau A., Morte S., 1992. Crustáceos Decápodos (Crustacea: Decapoda) en el régimen alimentario de algunos peces. *Bol. Soc. Portug. Entomol.* 2 (suppl. 3): 171-181.
- Sardá F., Miralles L.M., Palomera I., 1981. Morfometría de *Nephrops norvegicus* (L.) del mar Catalán (NE. de España). *Inv. Pesq.* 45: 279-290.
- Sartor P., 1995. Regime alimentare di Osteitti Gadiformi nel Mar Tirreno settentrionale. *Att. Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. B.* 52: 59-67.
- Sartor P., Sbrana M., Reale B., 2003. Impact of the deep sea trawl fishery on demersal communities of the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 31: 275-284.
- Sbrana M., Sartor P., Belcari P., 2003. Analysis of the factors affecting crustacean trawl fishery catch rates in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Fish. Res.* 65: 272-284.
- Scossiroli R.E., Palenzona D.L., 1978. *Manuale di Biometria*. Zanichelli, Bologna.
- Sokal R.R., Rohlf F.J., 1981. *Biometry. The principle and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman & Co., New York.
- Vannini M., Gherardi F., 1988. Studies on the pebble crab, *Eriphia smithi* Mac Leay 1838 (Xanthoidea Menippidae): patterns of relative growth and population structure. *Tropical Zool.* 1: 203-216.
- Warner G.F., 1970. Behaviour of two species of grapsid crab during intraspecific encounters. *Behaviour* 36: 9-19.
- Williams A.B., Brown W.P., 1972. Notes on structure and parasitism of *Munida iris* A. Milne Edwards (Decapoda, Galatheididae) from North Carolina, U.S.A. *Crustaceana* 22: 303-308.
- Zariquiey Alvarez R., 1968. Crustáceos decápodos ibéricos. *Inv. Pesq.* 32: 1-510.

(ms. pres. il 16 marzo 2004; ult. bozze il 14 aprile 2005)

