

M. CANESSA<sup>1</sup>, M. BO<sup>1</sup>, E. TRAINITO<sup>2</sup>, G. BAVESTRELLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università degli Studi di Genova, C.so Europa, 26 – 16126 Genova

<sup>2</sup>Genoa Marine Centre-Stazione Zoologica Anton Dohrn Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine, Villa del Principe, Piazza del Principe, 4 - Genova  
martina.canessa@edu.unige.it

## **CRESCITA E STRUTTURA DELLO SCHELETRO DI SAVALIA SAVAGLIA (BERTOLONI, 1819) (ANTHOZOA, ZOANTHIDEA)**

### **GROWTH AND STRUCTURE OF THE SKELETON OF SAVALIA SAVAGLIA (BERTOLONI, 1819) (ANTHOZOA, ZOANTHIDEA)**

**Abstract** - The zoanthid *Savalia savaglia* is known for its aptitude of growing on the skeleton of gorgonians after destroying the host coenenchyme. This charismatic species has been the subject of numerous studies on its geographical distribution, ecological role, reproductive biology, age, and conservation. In this research, we describe the growth of the skeleton based on large dead specimens found in the Tavolara – Punta Coda Cavallo Marine Protected Area (NE Sardinia). Using cross-sections of the skeleton, it was readily evident that the large specimens result from the coalescence of different colonies, each infesting a different gorgonian. The skeleton ultrastructure allowed the recognition of a laminar architecture of organic material characterised by numerous small spines stacked on each other, layer by layer, cementing one skeletal lamina to the next. This organisation is probably at the base of the efficient mechanical properties of *S. savaglia*.

**Keywords:** skeletal growth, zoanthid, parasitism, coalescence, Mediterranean Sea

**Introduzione** - Il falso corallo nero *Savalia savaglia* (Bertoloni, 1819) è conosciuto da molto tempo nel bacino del Mediterraneo essendo stato citato da Ferrante Imperato che citò questa specie nel suo 'Dell'hystoria naturale' pubblicato a Napoli nel 1599. La specie fu formalmente descritta nel 1819 come *Gorgonia savaglia* dal botanico Antonio Bertoloni su un esemplare presente nella collezione di Francesco Ginanni proveniente da Ragusa (oggi Dubrovnik), sulla costa orientale del Mare Adriatico. Nel Mediterraneo occidentale, la prima segnalazione fu fornita da Lacaze-Duthiers (1864) dalle coste algerine e tunisine dove i pescatori italiani che pescavano il corallo rosso chiamavano la specie "Palma negra".

La specie è notevole per la sua attitudine parassitica: le larve sono capaci di indurre necrosi in una zona ristretta del cenenchima delle gorgonie (e.g. *Eunicella* spp., *Leptogorgia* spp., e *Paramuricea* spp.) e, espandendosi, ricoprono progressivamente l'asse denudato. Quando lo sclerasse dell'ospite è completamente ricoperto, *S. savaglia* inizia a secernere il proprio scheletro (Lacaze-Duthiers, 1864; Zibrowius, 1985).

Nell'ultimo decennio *S. savaglia* è stata oggetto di diversi studi dedicati principalmente alla distribuzione geografica della specie (e.g. Pulido Mantas *et al.*, 2022), al ruolo ecologico come specie strutturante in ambienti mesofotici (Cerrano *et al.*, 2010), alla biologia riproduttiva (Previati *et al.*, 2010) e ai danni meccanici inflitti alle colonie dall'attività di pesca (e.g. Giusti *et al.*, 2015).

Recentemente, è stata descritta una grande popolazione non parassitica nella Baia di Boka Kotorska (Montenegro, Mare Adriatico centrale) dove le colonie prosperano in condizioni particolari, ovvero in prossimità di grandi sorgenti carsiche sottomarine di acque dolci (Canessa *et al.*, 2024). Infine, la longevità delle colonie e il tasso di

deposizione dello scheletro sono stati stimati mediante analisi del radiocarbonio, mostrando un tasso di crescita radiale di 4-35  $\mu\text{m}$  all'anno, ed evidenziando che le longevità delle colonie individuali sono dell'ordine di migliaia di anni, con gli esemplari di *Gerardia* (= *Savalia*) sp. più longevi di 2742 anni (Roark *et al.*, 2009).

Nonostante questo grande interesse per la specie, le uniche informazioni sulle sue modalità di crescita sono alcuni dettagli descritti da Lacaze-Duthiers (1864) più di 160 anni fa. Inoltre, manca la descrizione dell'architettura dello scheletro e, a parte i dati forniti da Zibrowius (1985), non sono state fatte ulteriori osservazioni sulle dinamiche di crescita sull'ospite.

L'obiettivo di questo studio è stato fornire nuove evidenze sulla modalità di crescita di questa specie carismatica attraverso l'analisi di colonie intere e sezioni trasversali dei rami, oltre che sulla microstruttura dello scheletro documentata tramite osservazioni al microscopio elettronico.

**Materiali and metodi** – Le modalità di crescita dello scheletro di *Savalia savaglia* sono state studiate sulla base di due colonie morte provenienti dall'Area Marina Protetta (AMP) Tavolara – Punta Coda Cavallo (Sardegna nord-orientale). In particolare, sono state analizzate sezioni trasversali dello scheletro ottenute a diversi livelli della colonia. Per le osservazioni al Microscopio Elettronico a Scansione (SEM), porzioni dello scheletro sono state lavate con acqua distillata, disidratate in una serie di etanolo a gradazione crescente e asciugate in un Critical Point Drier. Infine, sono state ricoperte con oro-palladio in un evaporatore Balzer Union e esaminate con un SEM Philips EM 515.

**Risultati** – Nell'AMP di Tavolara - Punta Coda Cavallo le colonie di *Savalia savaglia* sono parassite di *Paramuricea clavata* (Risso, 1826). È stato possibile ricostruire le fasi di crescita dello zoantideo dallo studio di esemplari molto grandi ritrovati morti all'interno dell'AMP (Fig. 1a). Mentre lo zoantideo ricopre la gorgonia, deposita il suo scheletro organico su quello dell'ospite. Questa situazione è facilmente verificabile nelle sezioni trasversali dei rami dove è evidente nel centro l'originario scheletro della gorgonia ricoperto da uno spesso strato di scheletro dello zoantideo caratterizzato da una notevole densità (Fig. 1b). Successivamente gli apici dei rami continuano la loro crescita irrobustendosi esclusivamente con scheletro proprio di *S. savaglia*. Anche questa situazione è facilmente evidenziabile nelle sezioni trasversali dei rami che sono completamente omogenei senza alcun residuo scheletrico della gorgonia ospite (Fig. 1c). Questi nuovi rami hanno una spiccata tendenza ad anastomizzarsi tra loro formando grandi maglie poligonali (Fig. 1a). Una peculiarità durante la crescita di *S. savaglia* è la coalescenza di colonie vicine. La sezione basale di una grande colonia ha chiaramente mostrato la presenza di 13 colonie, di diametro ed età variabili, presumibilmente di *P. clavata* (Fig. 1d). Studiando colonie viventi, è possibile ipotizzare che questo processo inizi con la fusione delle placche basali di diversi esemplari che mostrano un habitus reptante sul fondale (Fig. 1e). Quando la crescita in diametro dei tronchi (o dei rami) parassitati determina il contatto di due colonie adiacenti, gli scheletri si fondono insieme grazie a uno strato di nuovo scheletro che li avvolge entrambi. I passaggi successivi di questo processo sono evidenti nella disposizione concentrica di diversi strati scheletrici, simili agli anelli di crescita degli alberi (Fig. 1b). Lo studio al SEM ha permesso di evidenziare che lo scheletro di *S. savaglia* è composto da lamine concentriche di 10-20  $\mu\text{m}$  di spessore (Fig. 1f). Le lamine presentano numerosi processi conici, simili a spine con un diametro basale di circa 50  $\mu\text{m}$  e un'altezza di circa 80  $\mu\text{m}$  (Fig. 1g). Questi processi sono cavi, presentandosi come depressioni sul lato inferiore della lamina (Fig. 1h). I processi di una lamina si indentano in quella successiva.

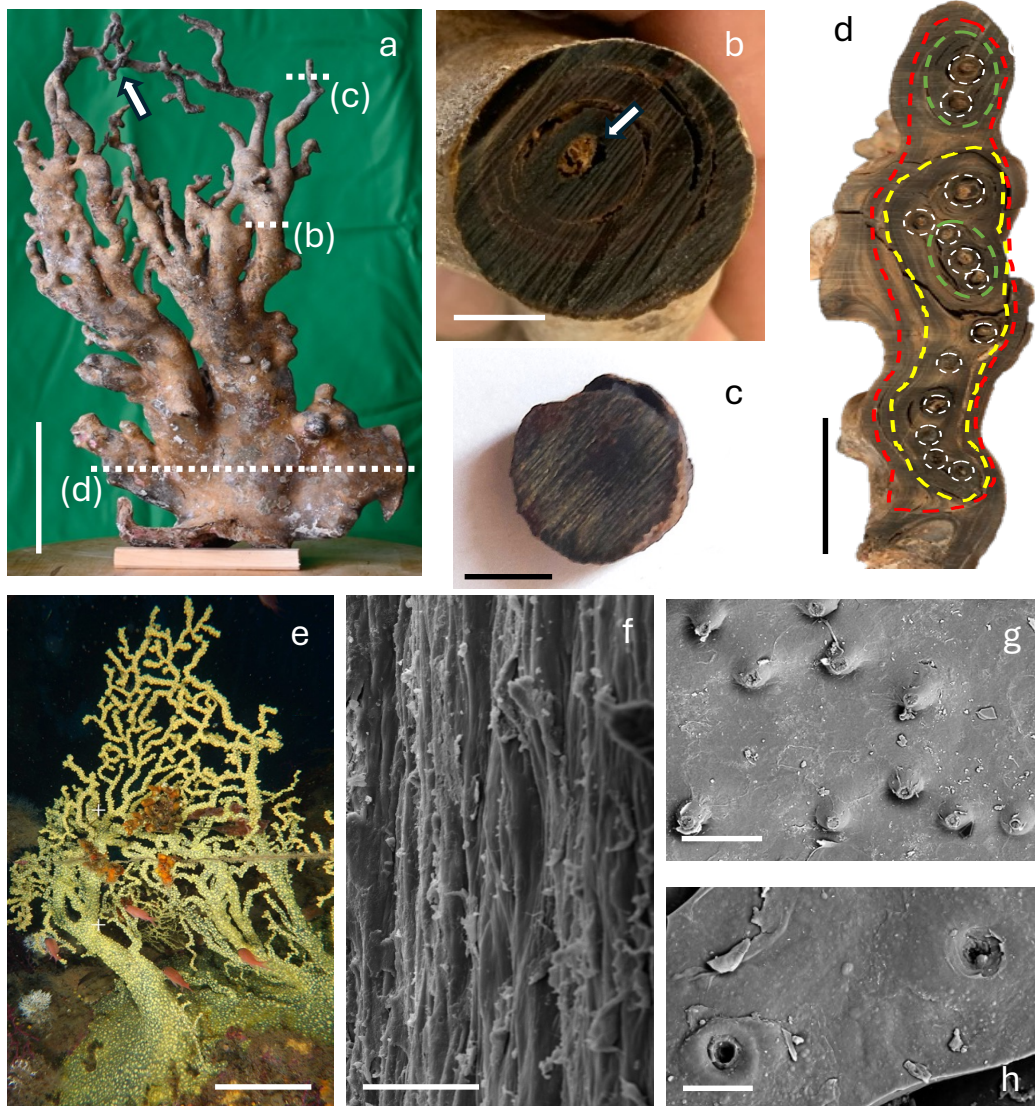


Fig. 1 - (a) Uno dei grandi scheletri di *Savalia savaglia* provenienti dall'AMP di Tavolara - Punta Coda Cavallo; la freccia indica una delle anastomosi dei rami apicali. (b) Sezione trasversale di un ramo ottenuta al livello (b) della colonia; la freccia indica il residuo dello scheletro di *Paramuricea clavata*. (c) Sezione trasversale di un ramo ottenuta al livello (c) della colonia, si noti l'omogeneità dello scheletro. (d) Sezione trasversale della base della colonia (d); i 13 cerchi bianchi indicano le basi di altrettante colonie ipoteticamente di *P. clavata* e i diversi colori mostrano i diversi episodi di coalescenza. (e) Alcune colonie viventi nell'AMP di Tavolara - Punta Coda Cavallo nelle quali è evidente la coalescenza delle piastre basali. (f) Struttura lamellare dello scheletro ottenuta al SEM. (g-h) Lato superiore e inferiore di una singola lamina che mostra i processi conici cavi. Scala: a, e = 10 cm; b = 1 cm; c = 0,5 cm; d = 5 cm, f-h = 100  $\mu$ m.

(a) One of the big skeletons of *Savalia savaglia* coming from the Tavolara - Punta Coda Cavallo MPA; arrow indicates the anastomosis of the apical branches. (b) Transversal sections of a branch obtained at level (b) of the colony; the arrow indicates the residual of the *Paramuricea clavata* skeleton. (c) Transversal section of a branch obtained at level (c) of the colony; homogeneity of the skeleton is evident. (d) Transversal section of the base of the colony (d); the 13 white circles indicate the basis of hypothetical *P. clavata* colonies and the different colors show the different coalescence episodes. (e) Some living colonies within the Tavolara - Punta Coda Cavallo AMP, where it is visible the coalescence of basal plates. (f) The laminar structure of the skeleton made at SEM. (g-h) Upper and lower sides of a single sheet showing the spine cavities. Scale bars: a, e = 10 cm; b = 1 cm; c = 0.5 cm; d = 5 cm, f-h = 100  $\mu$ m.

**Conclusioni** – Questo studio ha evidenziato alcuni aspetti nuovi, o poco esplorati, della crescita di *Savalia savaglia*, in particolare la sua abilità a formare anastomosi. Questa attitudine, già riportata da Lacaze-Duthiere, si manifesta specialmente tra le ramificazioni apicali, creando un pattern complesso e permettendo facilmente di distinguere il livello in cui lo zoantideo ricopre la gorgonia e quello in cui produce proprie ramificazioni. Un alto livello di anastomosi dei rami era già stato evidenziato da Canessa *et al.* (2024) in una popolazione non parassitica vivente nella Baia di Kotor (Montenegro), suggerendo che l'anastomosi possa verificarsi anche in assenza dell'ospite.

Inoltre diverse colonie originariamente ospitate su gorgonie diverse sembrano in grado di fondersi per produrre esemplari di dimensioni molto grandi. Ciò è evidente dalle sezioni trasversali dove, quando a causa dell'aumento dimensionale gli assi basali entrano in contatto, questi vengono avvolti da un unico, continuo strato di scheletro. La formazione di colonie chimeriche è stata ampiamente studiata nelle sclerattinie tropicali (Puill-Stephan *et al.*, 2009) dove è stato dimostrato che tali colonie crescono più velocemente rispetto a quelle solitarie, indicando il chimerismo come una strategia importante per massimizzare la sopravvivenza nelle fasi più vulnerabili della storia vitale degli esacoralli. Rimane aperto il problema della compatibilità genetica delle colonie che entrano in contatto. È plausibile ipotizzare che si tratti di larve derivanti da un unico evento riproduttivo ma ulteriori studi saranno necessari per chiarire il problema.

Lo studio dell'ultrastruttura dello scheletro ha infine permesso di riconoscere una organizzazione laminare di materiale organico caratterizzato da numerose piccole spine che ricordano quelle degli antipatari. Le spine sono inserite una sull'altra, strato dopo strato, aumentando la superficie utile per cementare una lamina scheletrica alla successiva. Possono inoltre svolgere la funzione di rivetti continui, prevenendo la delaminazione dello scheletro, proprio come dimostrato negli antipatari. Questo tipo di struttura è responsabile delle caratteristiche meccaniche tipiche dello scheletro della specie, e in particolare della sua resistenza alle correnti.

## References

- CANESSA M., TRAINITO E., BAVESTRELLO G., PETOVIĆ S., ĐORĐEVIĆ N., MAČIĆ V. (2024) - A large non-parasitic population of *Savalia savaglia* (Bertoloni, 1819) in the Boka Kotorska Bay (Montenegro). *Sci. Rep.*, **14** (1): 7785.
- CERRANO C., DANOVARO R., GAMBI C., PUSCEDDU A., RIVA A., SCHIAPARELLI S. (2010) - Gold coral (*Savalia savaglia*) and gorgonian forests enhance benthic biodiversity and ecosystem functioning in the mesophotic zone. *Biodiv. Conserv.*, **19**: 153-167.
- GIUSTI M., CERRANO C., ANGIOLILLO M., TUNESI L., CANESE S. (2015) - An updated overview of the geographic and bathymetric distribution of *Savalia savaglia*. *Medit. Mar. Sci.*, **16** (1): 128-135.
- LACAZE-DUTHIERS M. (1864) - On the Antipatharian genus *Gerardia*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **14** (82): 241-243.
- PREVIATI M., PALMA M., BAVESTRELLO G., FALUGI C., CERRANO C. (2010) - Reproductive biology of *Parazoanthus axinellae* (Schmidt, 1862) and *Savalia savaglia* (Bertoloni, 1819) (Cnidaria, Zoantharia) from the NW Mediterranean coast. *Mar. Ecol.*, **31** (4): 555-565.
- PUILL-STEPHAN E., WILLIS B.L., VAN HERWERDEN L., VAN OPPEN M.J. (2009) - Chimerism in wild adult populations of the broadcast spawning coral *Acropora millepora* on the Great Barrier Reef. *PLoS one*, **4** (11): e7751.
- PULIDO MANTAS T., VAROTTI C., ROVETA C., PALMA M., INNOCENTI C., GIUSTI M., CERRANO C. (2022) - Mediterranean Sea shelters for the gold coral *Savalia savaglia* (Bertoloni, 1819): An assessment of potential distribution of a rare parasitic species. *Mar. Environ. Res.*, **179**: 105686.
- ROARK E.B., GUILDERSON T.P., DUNBAR R.B., FALLON S.J., MUCCIARONE D.A. (2009) - Extreme longevity in proteinaceous deep-sea corals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **106** (13): 5204-5208.
- ZIBROWIUS H. (1985) - Comportement agressif du Zoanthaire *Gerardia savaglia* contre le Gorgonaire *Paramuricea clavata* (Cnidaria: Anthozoa). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **29**: 351-353.