

E. CECCHI (*), D. BALATA (***), L. PIAZZI (**), F. SERENA (*)

VARIABILITÀ SPAZIALE DEI POPOLAMENTI CORALLIGENI DI CALAFURIA (LIVORNO)

Riassunto - Il presente studio ha investigato la variabilità dei popolamenti coralligeni di Calafuria a differenti scale spaziali. I risultati hanno mostrato che tali popolamenti presentano una struttura omogenea all'interno dell'area, ma un'elevata variabilità alle più piccole scale spaziali studiate. I taxa più abbondanti sono risultati la Rhodophyta *Peyssonnelia* spp., la Chlorophyta *Pseudochlodesmis furcellata*, il feltro algale costituito principalmente dalla Rhodophyta *Womersleyella setacea*, lo Cnidaria *Corallium rubrum*, Bryozoa incrostanti e Porifera.

Parole chiave - Campionamento fotografico, coralligeno, variabilità spaziale, Mar Ligure.

Abstract - *Spatial variability of coralligenous assemblages of Calafuria (Leghorn)*. The present study investigated variability of coralligenous assemblages of Calafuria at different spatial scales. Results showed a similar structure within the study area but a high variability at the smaller scales investigated. The most abundant taxa were the Rhodophyta *Peyssonnelia* spp, the Chlorophyta *Pseudochlodesmis furcellata*, the algal turf mostly constituted by the Rhodophyta *Womersleyella setacea*, the Cnidaria *Corallium rubrum*, encrusting Bryozoa and Porifera.

Key words - Photographic sampling, coralligenous assemblages, spatial variability, Ligurian Sea.

INTRODUZIONE

La parte più profonda del sistema litorale mediterraneo è caratterizzata dalla presenza di un particolare habitat, denominato «coralligeno», costituito da strutture calcaree edificate principalmente da alghe appartenenti all'ordine delle Corallinales (Ballesteros, 2006). Tale habitat rappresenta un sistema ecologico esclusivo del Mar Mediterraneo e uno tra i più importanti del Bacino in termini di estensione, produttività e biodiversità (Laborel, 1961, 1987; Laubier, 1966).

Lungo le coste continentali toscane, popolamenti coralligeni sono presenti solo a Calafuria, Punt'Ala e lungo i promontori di Baratti e Monte Argentario. I popolamenti coralligeni della costa toscana sono stati ampiamente studiati, in relazione alla loro composizione in specie e struttura (Piazzini *et al.*, 2004; Balata *et al.*, 2006; Virgilio *et al.*, 2006); inoltre, è stata valutata l'influenza del disturbo antropico su tali popolamenti (Balata *et al.*, 2005, 2007a; Piazzini *et al.*, 2007).

Lo scopo del presente lavoro è di studiare i *patterns*

di variabilità spaziale della struttura dei popolamenti coralligeni di Calafuria attraverso un campionamento fotografico. Tale metodo, anche se non consente la determinazione delle specie più piccole, può permettere, grazie ad un alto numero di campioni, la valutazione delle scale di variabilità spaziale dei principali taxa.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato effettuato lungo la parete verticale sommersa di Calafuria (Livorno) situata ad una distanza di circa 200 metri dalla costa. Il campionamento è stato eseguito nel maggio 2008 alla profondità di 30 metri. Sono stati scelti due siti, costituiti da porzioni di scogliera lunghe 300 metri, distanti tra loro circa 1 km e in ogni porzione sono state campionate 2 aree, di circa 50 metri di lunghezza e distanti tra loro decine di metri. In ogni area sono stati effettuati 15 campionamenti fotografici, mediante fotocamera digitale; ogni campione era rappresentato da una superficie di 1878 cm².

Le immagini sono state analizzate in laboratorio e attraverso l'uso del software ImageJ; è stata calcolata la copertura in percentuale dei principali taxa animali e vegetali. Le specie di dubbia o non facile determinazione sono state raggruppate in gruppi morfologici.

I dati sono stati analizzati mediante PERMANOVA a 2 vie (Anderson, 2001), con i fattori Sito (2 livelli, random) e Area (2 livelli, random e gerarchizzato in Sito). L'indice di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato sui valori non trasformati. Per rappresentare graficamente il popolamento è stato utilizzato un nMDS (Clarke & Warwick, 1994). Le componenti di pseudo-varianza sono state ottenute dalla matrice di Bray-Curtis non trasformata e sono state calcolate per tutte le scale spaziali studiate (Balata *et al.*, 2007b).

RISULTATI

I taxa più abbondanti sono risultati la Rhodophyta *Peyssonnelia* spp, la Chlorophyta *Pseudochlodesmis furcellata*, feltro costituito principalmente dalla Rhodophyta *Womersleyella setacea*, lo Cnidaria *Corallium rubrum*, Bryozoa incrostanti e Porifera. Erano abbastanza comuni, anche se con bassi valori di ricopri-

(*) ARPAT Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, via Marradi 114, 57126 Livorno, Italy.

(**) Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, via Volta 6, 56126 Pisa, Italy. E-mail: lpiazzini@biologia.unipi.it

(***) School of Biological and Environmental Sciences, University College Dublin, Dublin, Ireland.

mento, la Chlorophyta *Flabellia petiolata*, gli Cnidaria *Eunicella cavolinii* e *Parazoanthus axinellae* e il Bryozoa *Myriapora truncata*.

L'analisi multivariata (PERMANOVA) ha mostrato differenze significative tra le aree, mentre non sono risultate significative le differenze tra siti (Tab. 1). L'nMDS ha evidenziato che la dispersione tra campioni varia tra le differenti aree di studio (Fig. 1). Le componenti di pseudo-varianza mostrano un'alta variabilità tra unità di campionamento (*plots*) che diminuisce alle scale spaziali di Area e Sito (Fig. 2).

DISCUSSIONE

I popolamenti coralligeni di Calafuria hanno mostrato una struttura omogenea all'interno dell'area, ma un'elevata variabilità alla più piccola scala spaziale studiata (tra campioni distanti alcuni metri).

Un'alta variabilità a piccola scala è stata più volte messa in evidenza in differenti studi effettuati su popolamenti

coralligeni del Mediterraneo occidentale e può quindi essere considerata come un pattern caratteristico di tale habitat (Ferdegini *et al.*, 2000; Cocito *et al.*, 2002; Piazzini *et al.*, 2004; Balata *et al.*, 2005, 2006, 2007a). Tale variabilità può essere legata sia all'eterogeneità del substrato costituito da strutture biocostruite (Cocito, 2004), ma può essere messa in relazione anche agli effetti delle interazioni tra organismi sessili, che possono rivestire particolare importanza in tale ambiente (Ballesteros, 2006).

Nonostante un'alta variabilità a piccola scala, i popolamenti coralligeni di Calafuria hanno mostrato caratteristiche simili tra i siti studiati. Tale risultato è in linea con quanto emerso da altri studi sul coralligeno toscano, che sembra presentare una struttura ricorrente, almeno per la parte continentale (Piazzini *et al.*, 2004). Nonostante la similitudine nella composizione in specie, il coralligeno di Calafuria, rispetto agli altri popolamenti toscani, mostra una dominanza di feltri algali e basse abbondanze di Udoteacee erette quali *Halimeda tuna* e *Flabellia petiolata*, che normalmente caratterizzano questi popolamenti alla stessa profondità (Piazzini *et al.*, 2004; Balata & Piazzini, 2008). Una bassa abbondanza di Udoteacee può essere legata principalmente a fattori abiotici. Infatti, gli alti tassi di sedimentazione che caratterizzano l'area di Calafuria limitano la penetrazione della luce causando uno spostamento verso l'alto del limite di distribuzione di alcune specie, come le Udoteacee. Queste sono considerate tipiche dei popolamenti coralligeni più superficiali (Ballesteros, 2006), ma la separazione tra i differenti popolamenti può variare in relazione alla torbidità dell'acqua. Inoltre, la colonizzazione della Rhodophyta introdotta *Womersleyella setacea*, specie che caratterizza i feltri algali dell'area di studio, può limitare lo sviluppo di specie come le Udoteacee che si riproducono mediante spore (Airoldi *et al.*, 1995, Airoldi 1998). Una sinergia tra il tasso di sedimentazione e l'invasione di specie alloctone può rappresentare il fattore principale che determina la struttura dei popolamenti di Calafuria e può essere considerato come la principale minaccia per i popolamenti bentonici di questo tratto di costa (Airoldi, 2000; Piazzini *et al.*, 2007). Nonostante la presenza di tali tipi

Tab. 1 - Risultati di PERMANOVA applicato ai campioni del coralligeno di Calafuria. I valori significativi sono indicati in grassetto.

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Sito = S	1	3403,6	3,3138	0,126
Area(S)	2	1025,8	3,8717	0,007
Residuo	52	264,94		
Totale	55			

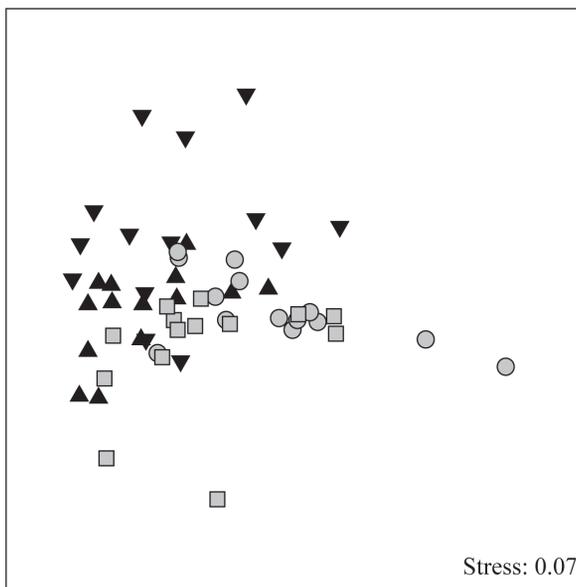


Fig. 1 - nMDS basato sull'indice di similarità di Bray-Curtis applicato ai campioni del coralligeno di Calafuria. I colori indicano i differenti siti, i simboli le aree.

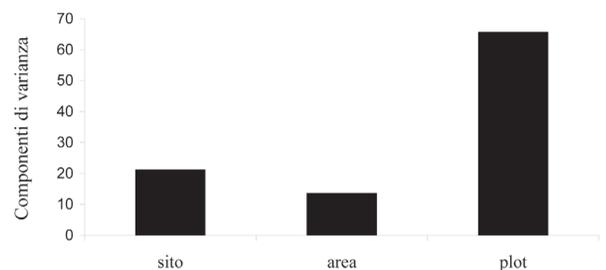


Fig. 2 - Componenti di pseudo-varianza calcolate per le scale spaziali considerate nello studio.

di disturbo, il coralligeno di Calafuria si presenta ben strutturato con un'alta abbondanza di Cnidaria, tra cui *Corallium rubrum*, che rappresenta una specie ampiamente distribuita all'interno dell'area di studio (Santangelo *et al.*, 2004).

BIBLIOGRAFIA

- Airoidi L., 1998. Roles of disturbance, sediment stress and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79: 2759-2770.
- Airoidi L., 2000. Effects of disturbance, life-history and overgrowth on coexistence of algal crusts and turfs. *Ecology* 8: 798-814
- Airoidi L., Rindi F., Cinelli F., 1995. Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of a filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Bot. Mar.* 38: 227-237.
- Anderson M.J., 2001. A new method for a non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral. Ecol.* 26: 32-46.
- Balata D., Piazzì L., 2008. Patterns of diversity in rocky subtidal macroalgal assemblages in relation to depth. *Bot. Mar.* 51: 464-471.
- Balata D., Piazzì L., Cecchi E., Cinelli F., 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposits. *Mar. Env. Res.* 60: 403-421.
- Balata D., Acunto S., Cinelli F., 2006. Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. *Est. Coast. Shelf Sc.* 67: 553-561.
- Balata D., Piazzì L., Cinelli F., 2007a. Increase of sedimentation in a subtidal system: effects on the structure and diversity of macroalgal assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 351: 73-82.
- Balata D., Nesti U., Piazzì L., Cinelli F., 2007b. Patterns of spatial variability of seagrass epiphytes in the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 151: 2025-2035.
- Ballesteros E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 44: 123-195.
- Clarke K.R., Warwick R.M., 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, UK, 144 p.
- Cocito S., 2004. Bioconstruction and biodiversity: their mutual influence. *Sci. Mar.* 68: 137-144.
- Cocito S., Bedulli D., Sgorbini S., 2002. Distribution patterns of the sublittoral epibenthic assemblages on a rocky shoal in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Sci. Mar.* 66: 175-181.
- Ferdeghini F., Acunto S., Cocito S., Cinelli F., 2000. Variability at different spatial scales of a coralligenous assemblage at Giannutri island (Tuscan Arcipelago, northwestern Mediterranean). *Hydrobiol.* 440: 27-36.
- Laborel J., 1961. Le concrétionnement algal «coralligène» et son importance geomorphologique en Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume* 23: 37-60.
- Laborel J., 1987. Marine biogenic constructions in the Mediterranean, a review. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park.* 13: 97-127.
- Laubier L., 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Ann. Institut. Oceanogr. Paris* 43: 137-316.
- Piazzì L., Balata D., Pertusati M., Cinelli F., 2004. Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Bot. Mar.* 47: 105-115.
- Piazzì L., Balata D., Cinelli F., 2007. Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie Algol.* 28: 289-301.
- Santangelo G., Maggi E., Bramanti L., Bongiorni L., 2004. Demography of the over-exploited Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L. 1758). *Sci. Mar.* 199-204.
- Virgilio M., Airoidi L., Abbiati M., 2006. Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs* 25: 265-272.

(ms. pres. il 23 settembre 2009; ult. bozze il 25 giugno 2010)

