

A. GIANGRANDE<sup>1</sup>, C. LONGO<sup>2</sup>, L. STABILI<sup>3</sup>, G. BASILE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali, Università del Salento, Lecce

<sup>2</sup> DBBA, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari

<sup>3</sup> IRSA CNR, Taranto

<sup>4</sup> Maricoltura Mar Grande, Taranto  
adriana.giangrande@unisalento.it

## RISULTATI OTTENUTI NELLA SPERIMENTAZIONE DI UN SISTEMA IMTA INNOVATIVO IDEATO CON IL PROGETTO REMEDIALIFE

### RESULTS FROM THE EXPERIMENTAL INNOVATIVE IMTA PROJECT REMEDIALIFE

**Abstract** - Results obtained in the REMEDIA Life project are discussed, both relating to bioremediation and experimentation in the use of biomass. The project, carried out in the Mar Grande of Taranto, was born as part of the collaboration of the DiSTeBA of the University of Salento with the Department of Biosciences, Biotechnology and Environment of the University of Bari Aldo Moro, the Taranto branch of the IRSA CNR, and the company Maricoltura Mar Grande s.r.l.

The system developed and tested within the project is applicable to in-shore mariculture, and is a polyculture (integrated multitrophic aquaculture, IMTA) based on the breeding of an innovative set of bioremediation organisms: sponges and polychaetes for the treatment of organic matter and bacterial component, macroalgae for the treatment of inorganic compounds, whose biomass can constitute products that translate into additional income for the company from a circular economy perspective.

**Keywords:** Mariculture, filter feeder bioremediators, new product, environmental restoration

**Introduzione** – L'aumento della popolazione mondiale sta creando una maggiore richiesta di cibo, portando al sovrasfruttamento delle risorse. L'acquacoltura, insieme alla pesca, dovrebbe garantire la produzione di cibo dal mare, ma il suo sviluppo, se non condotto in modo sostenibile, può portare al degrado ambientale (Halpern *et al.*, 2019). Il settore della ricerca, inoltre, tende a sviluppare prevalentemente l'allevamento di specie carnivore, con un consumo non ottimale delle risorse animali che potrebbero invece essere indirizzate all'alimentazione umana. Solo pochi impianti di acquacoltura distribuiti tra il Nord e il Sud Italia producono molluschi lamellibranchi o altri organismi a basso livello trofico (LTA = low trophic aquaculture). Le tipologie più comuni di acquacoltura multitrofica integrata (IMTA) integrano la piscicoltura con la produzione di molluschi e/o la coltivazione di alghe concentrandosi sulle interazioni positive tra diversi livelli trofici per creare una spirale produttiva virtuosa, migliorando così la sostenibilità dell'intero sistema.

La policoltura implementata in un sistema IMTA non è una novità, tuttavia, solo in tempi relativamente recenti la policoltura è stata applicata anche alle colture marine (Barrington *et al.*, 2009). Questa pratica, iniziata a livello sperimentale in diversi Paesi, incontra ancora oggi molte difficoltà per una sua applicazione su larga scala o commerciale.

Nel progetto finanziato dalla Comunità Europea REMEDIA Life - Remediation of Marine Environment and Development of Innovative Aquaculture: exploitation of Edible/not Edible biomass, insieme ai mitili, sono stati impiegati nuovi organismi biorisanatori quali spugne e policheti per il trattamento della sostanza organica e componente batterica, e le macroalghe per il trattamento dei composti inorganici, le cui biomasse possono costituire dei co-prodotti che si traducono in un introito aggiuntivo per l'azienda, in un'ottica di economia circolare. Una novità è stata anche quella di sfruttare gli organismi del fouling che normalmente colonizzano le strutture di

allevamento e che generalmente sono considerati un fattore negativo. A tal riguardo, utilizzando particolari collettori, è stato favorito il loro l'insediamento naturale soprattutto per alcuni organismi, tra cui i vermi sabellidi, molto efficienti nel biorisanamento.

Gli obiettivi strategici del progetto sono specificati come segue:

- Introduzione di nuove pratiche tra gli operatori dell'acquacoltura; miglioramento della sostenibilità complessiva dell'ecosistema nel caso della maricoltura costiera, attraverso la coltivazione/allevamento di macroalghe/invertebrati, l'adozione di una tecnica che porti a pratiche più eco-friendly.
- Esplorazione del mercato di nuovi prodotti realizzati con le biomasse eduli e non eduli.
- Replicabilità della metodologia proposta a livello nazionale e internazionale.

**Risultati** – Il sistema IMTA ideato è stato realizzato a livello preindustriale nel Golfo di Taranto (Mar Ionio settentrionale) nell'Impianto Maricoltura Mar Grande (Fig. 1). Si tratta di un impianto di maricoltura in-shore, che consta di 15 gabbie per l'allevamento di orata (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) e spigola (*Dicentrarchus labras* Linnaeus, 1758), in cui metà dell'impianto è stato convertito in IMTA. Nel corso del progetto è stata ottenuta una produzione annuale notevole di biomassa degli organismi proposti: anellidi Sabellidae (principalmente *Sabella spallanzanii* Gmelin, 1791, spugne e macroalghe).



Fig. 1 – Impianto di maricoltura nel mar Grande di Taranto presso cui è stato realizzato il sistema di acquacoltura multitrofica integrata REMEDIA Life, in cui è visibile un long line per l'allevamento degli invertebrati nelle vicinanze delle gabbie di allevamento dei pesci.

*Mariculture plant of the Mar Grande of Taranto where the Integrate Multitrophic aquaculture system were realized. A long line for the invertebrate farming is visible close to the cages.*

Sono stati realizzati quattro cicli di allevamento/coltivazione, con produzione ad ogni ciclo di circa 6 quintali di vermi sabellidi, circa 500 litri di spugne e 1,2 tonnellate di macroalghe (Giangrande *et al.*, 2020). La biomassa di questi organismi biorisanatori, prodotta quindi con i reflui dell'allevamento del pesce, è stata utilizzata specialmente nelle ricerche di marketing, poiché molti prodotti devono ancora trovare una collocazione nel mercato, come nel caso dei vermi policheti che sono stati proposti come esche da pesca, animali ornamentali e materiale per la realizzazione di mangimi. Le spugne, oltre che come organismi ornamentali, trovano la loro maggiore applicazione, come pure le macroalghe, nel campo dell'estrazione di composti bioattivi, utili in farmaceutica e nutraceutica. Infine, le biomasse algali sono state

proposte anche per la realizzazione di fertilizzanti, nella mangimistica e come "novel food" per l'alimentazione umana. Per l'utilizzazione delle biomasse è stato quindi, necessario anche lo studio della presenza o meno di sostanze nocive per la salute attraverso il loro accumulo nelle biomasse prodotte. Da ultimo il fouling nel suo insieme è stato sperimentato nella produzione di biogas.

L'azione degli organismi biorisanatori allevati/coltivati intorno alle gabbie di allevamento dei pesci ha portato ad un incredibile miglioramento della qualità dell'area esaminata attraverso un ampio survey realizzato sia prima che nei 3 anni successivi la conversione dell'impianto da monocoltura a policoltura (Borghese *et al.*, 2022; Arduini *et al.*, 2022; Stabili *et al.*, 2023). L'effetto dei biorisanatori selezionati nel ridurre la carica batterica è stato osservato sia nei campioni di sedimenti sotto le gabbie che nella colonna d'acqua. I batteri bentonici sono strettamente correlati all'arricchimento organico e la loro concentrazione all'inizio del progetto era tre volte superiore nelle stazioni sotto le gabbie. L'abbondanza dei vibriani è risultata fortemente ridotta sia nei campioni di acqua di mare che di sedimento. I batteri appartenenti al genere *Vibrio* destano particolare preoccupazione, poiché rappresentano una frazione considerevole delle popolazioni batteriche in ambiente marino e sono spesso associati a malattie nell'uomo e negli organismi marini, chiamate vibriosi, con potenziali impatti ambientali ed economici. Pertanto, il beneficio ecologico derivante dalla filtrazione e dall'accumulo batterico, dovuto agli organismi estrattori allevati attorno alle gabbie risulta cruciale per il benessere umano e ambientale. Dalle analisi microbiologiche sul muscolo e sull'intestino del prodotto ittico, inoltre, è emerso che la qualità del pesce allevato in condizioni di policoltura sia di gran lunga migliore rispetto a quello prodotto in condizioni di monocoltura.

Degne di nota, infine, sono le migliori qualità organolettiche dei pesci allevati nel sistema IMTA apprezzate durante le manifestazioni effettuate nel corso del progetto e rivolte al pubblico generico in cui sono stati proposti degli "assaggi comparativi" tra i filetti di pesce prodotto nell'impianto sperimentale e quelli di pesce di allevamento prodotto in impianti convenzionali.

**Conclusioni** - La conversione di un impianto di maricoltura in un sistema IMTA è tesa alla soluzione di alcune problematiche che nascono dalle tendenze emergenti nel settore specifico, quali l'aumento della domanda di prodotti ittici sostenibili anche tenendo conto della segmentazione del mercato in cui ristoranti, hotel e catering devono soddisfare consumatori sempre più interessati a prodotti ittici di alta qualità ottenuti con tecniche eco-friendly, la necessità di ricercare fonti proteiche alternative sia per il consumo umano sia per la mangimistica, la diversificazione delle specie allevate, ma anche le preoccupazioni per la sicurezza alimentare e la tracciabilità dei prodotti. Determinante, infine, è il valore aggiunto nella valutazione dei rischi ambientali tenendo conto dell'impatto ambientale ridotto attraverso la pratica IMTA che porta non solo ad un miglioramento della qualità dell'acqua e dell'ambiente circostante, ma anche ad una migliore qualità del pesce prodotto. Grazie ai risultati del progetto si è dimostrato che questo sistema che integra una serie di organismi filtratori come policheti e spugne oltre ai mitili è particolarmente efficace nella rimozione di batteri e materiale organico particolato, portando così a migliorare la qualità microbiologica dell'ambiente circostante le gabbie dei pesci. Questo "servizio ecosistemico" svolto dai biorisanatori è fondamentale tenendo conto che l'arricchimento organico dovuto all'attività di maricoltura può anche portare ad una maggiore presenza di batteri patogeni. Il vantaggio del sistema IMTA realizzato si è anche avuto sulla qualità microbiologica e sul benessere dei pesci allevati e di conseguenza sulla salute dei consumatori. I dati ottenuti dal monitoraggio hanno

indicato chiaramente che l'utilizzo del sistema IMTA può rappresentare un fattore chiave nello sviluppo della sostenibilità dell'acquacoltura. Tuttavia, la replicazione in altri siti necessiterà la conoscenza a monte dell'idrodinamismo, delle caratteristiche trofiche nonché della dinamica di colonizzazione delle specie di fouling tipici del sito considerato come effettuato dal progetto REMEDIA Life prima della selezione degli organismi biorisanatori più adeguati e della realizzazione del sistema di acquacoltura multitrofica nell'area in esame.

Nel corso della sperimentazione condotta è stato provato che il sistema realizzato produce non solo un biorisanamento dell'area dell'allevamento, ma determina anche un aumento della diversità sotto le gabbie che, con l'aggiunta di substrati duri artificiali può portare allo sviluppo di veri e propri giardini subacquei. Rimangono tuttavia molti punti da perfezionare riguardo, ad esempio, le metodiche di raccolta degli organismi che necessitano di strumenti adeguati e il problema della pulizia di alcuni collettori, ma la sfida dei prossimi anni riguarda il mercato dei prodotti aggiuntivi che risulta fondamentale perché il sistema possa decollare. Infine, sarà indispensabile superare la diffidenza degli imprenditori del settore verso questa nuova pratica di acquacoltura. Esiste tutt'ora, infatti, poca ricettività da parte degli acquacoltori, che sono titubanti nel muoversi verso nuove forme di acquacoltura diverse dalla ormai consolidata pratica della monocoltura.

### Bibliografia

- ARDUINI D., BORGHESE J., GRAVINA M.F., TRANI R., LONGO C., PIERRI C., GIANGRANDE A. (2022) - Biofouling Role in Mariculture Environment Restoration: An Example in the Mar Grande of Taranto (Mediterranean Sea). *Front. Mar. Sci.* **9**: 842616.
- BARRINGTON K., CHOPIN T., ROBINSON, S. (2009) - Integrated multitrophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In: Soto, D., (ed.), *Integrated Mariculture*; FAO: Italy, Rome, 529 pp.
- BORGHESE J., ARDUINI D., DEL PASQUA M., TAMBURELLO L., MUSCO L., GIANGRANDE A. (2023) - Comparative approach to detect macrobenthic response to the conversion of an inshore mariculture plant into an IMTA system in the Mar Grande of Taranto (Mediterranean Sea, Italy) *Water*, **15**: 68.
- GIANGRANDE A., PIERRI C., ARDUINI D., BORGHESE J., LICCIANO M., TRANI, R., CORRIERO G., BASILE G., CECERE E., PETROCELLI A., STABILI L., LONGO C. (2020) - An innovative IMTA system: Polychaetes, sponges and macroalgae co-cultured in a Southern Italian in-shore mariculture plant (Ionian Sea). *J. Mar. Sci. Eng.*, **8**: 733.
- HALPERN B.S., FRAZIER M., AFFLERBACH J., LOWNDES J.S., MICHELI F., O'HARA C., SCARBOROUGH C., SELKOE K.A. (2019) - Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Sci. Rep.*, **9**: 11609.
- STABILI L., GIANGRANDE A., ARDUINI D., BORGHESE J., PETROCELLI A., RICCI P., CAVALLO R.A., ACQUAVIVA M.I., NARRACCI M., PIERRI C., TRANI R., LONGO C. (2023) - Environmental quality improvement of a mariculture plant after its conversion into a multi-trophic system. *STotEn* **884**: 163846.