



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E  
DELL'AMBIENTE**

**Scienze  
Biologiche**

**ACQUACOLTURA MULTI-TROFICA INTEGRATA, UN APPROCCIO  
ECO-SOSTENIBILE**

**INTEGRATED MULTI-TROPHIC AQUACULTURE (IMTA),  
ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE SYSTEM**

Tesi di Laurea di:  
**VANESSA CAVUCCI**

**Sessione straordinaria  
(Febbraio)**

**Anno**

**Accademico**

Docente Referente  
Chiar.ma Prof.  
**GIORGIA  
GIOACCHINI**

# ACQUACOLTURA

- (MONOCOLTURA)

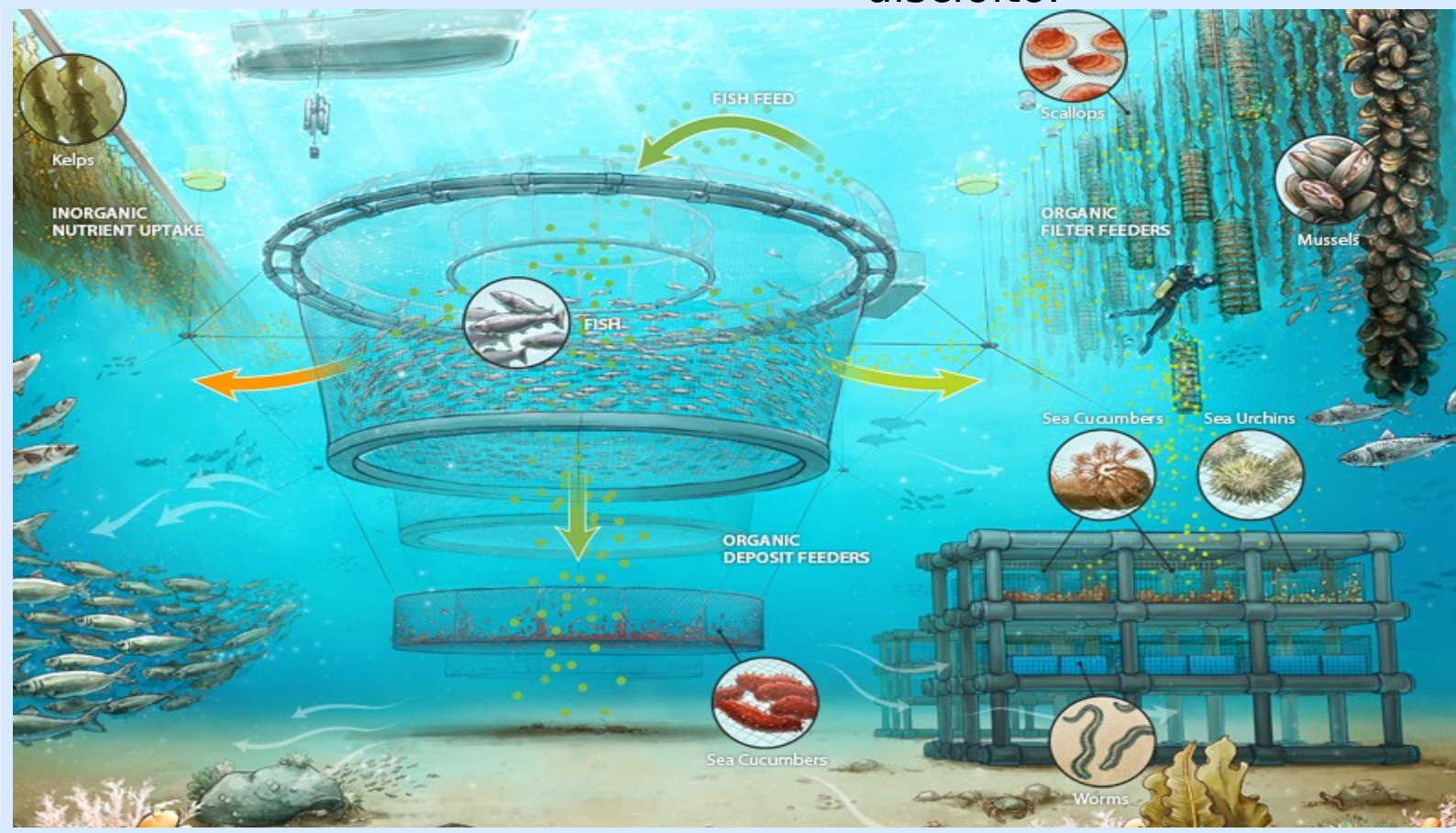
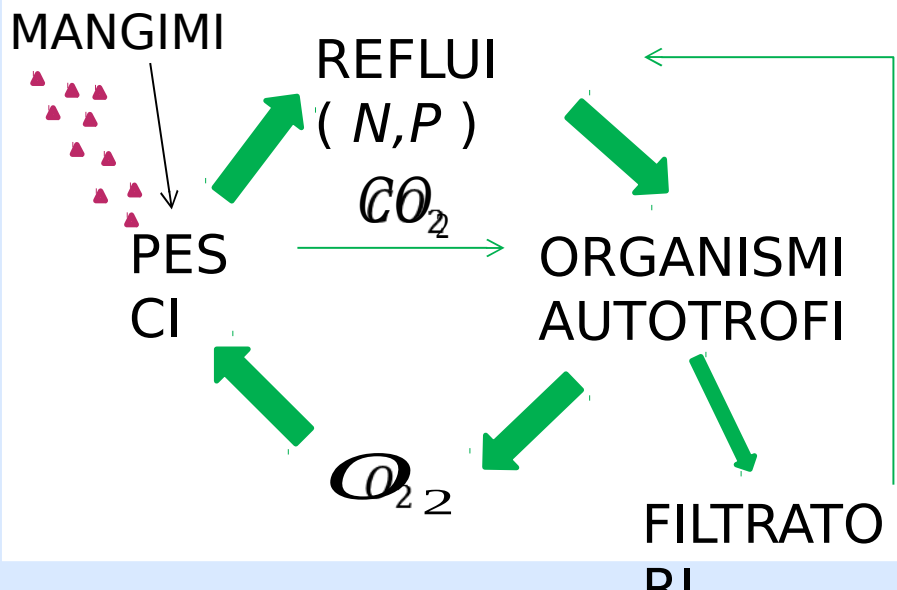
- Intensiva 40 kg/40 kg/
- Estensiva 0,0025 0,0025
- Semi-intensiva 1 - 4 kg/m<sup>3</sup>
- Semi-intensiva 1 - 4 kg/

➔ REFLUI ( N, P ) ☑  
Eutrofizzazione:

Proliferazione di alghe nocive, eccessiva crescita di piante, acquatiche, diminuzione dell'ossigeno disciolto.

- (POLICOLTURA)

• ACQUACOLTURA MULTI-TROFICA INTEGRATA (IMTA)



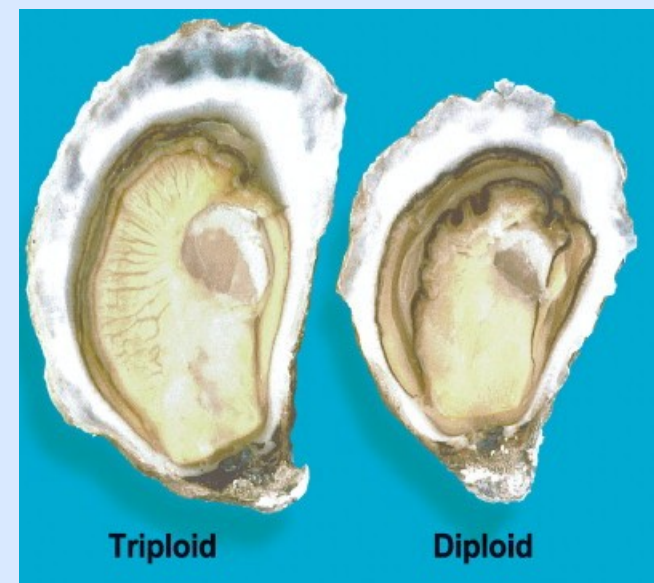
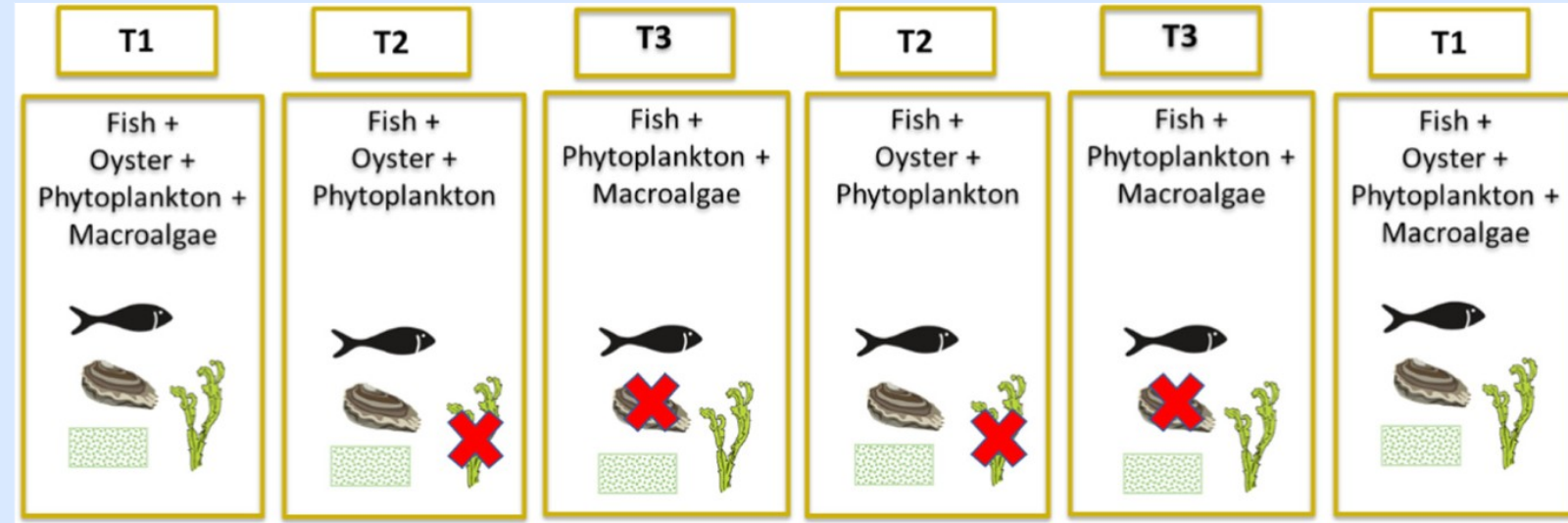
**OBIETTIVO:** Individuare il ruolo di alcune specie appartenenti a  $\neq$  livelli trofici in un sistema IMTA, al fine di aumentare la produttività mantenendo un'equilibrata capacità di trasporto biologico.

**METODI:**

- (3 trattamenti ) x 2
- 8 mesi ( aprile - novembre)

**INDIVIDUI:**

- ***Argyrosomus regius***, Ombrina bocca d'oro (CARNIVORO)
- ***Diplodus sargus***, Sarago maggiore (ONNIVORO)
- ***Mugil cephalus***, Cefalo (ONNIVORO/DETRITIVORO)
- ***Crassostrea gigas***, Ostrica 3n (FILTRATORE)
- Macroalghe ***Ulva*** spp. (PP)
- Phytoplankton (PP)



Ombrina bocca d'oro (*Argyrosomus regius*)

Cefalo (*Mugil cephalus*)

## STAGNI:

- 6 stagni  $500\text{ m}^2 \times 1,5\text{ m}$
- Iniettori automatico di cibo
- Reti antiuccelli
- Sonde per la misurazione di Ossigeno Disciolto (DO) e Temperatura (T)
- Iniettori di aria  $\rightarrow$  attivi (DO) < 50%  
spenti (DO)  $\sim$  70%



## QUALITÀ DELLE ACQUE:

- Mattina/pomeriggio  $\rightarrow$  T, DO, pH, Torbidità, Salinità
- h 12.00 PM  $\rightarrow$  Trasparenza (*disco a secchi*)
- Mensilmente  $\rightarrow$  Raccolta di 60 L acqua (R-S-T)



- ° livello di nutrienti ( $NH_3$ , nitrati, nitriti, fosfati, silicati)
- ° Chl-*a* e Phaeo (spettrofotometro)
- ° PP lorda (bottiglie chiaro/scuro)

- ° PP lorda (bottiglie chiaro/scuro)



## ALLEVAMENTO MACROALGHE E FITOPLANCTON

Sviluppo autonomo

Genere più abbondante ✉ *Ulva*

Raccolta manuale con rete da pesca ✉ 2 sett. (T1-T3)

## ALLEVAMENTO OSTRICHE [T1-T2]

Seminate a maggio

5 sacchi a maglia/stagno

Sacchi capovolti manualmente/ 24h ✉ effetto marea

Monitoraggio mensile ✉ peso di ~ 50 ostriche/sacchetto

Initial zootechnical parameters of fish and

Species	# /pond
<i>Argyrosomus regius</i>	1450
<i>Diplodus sargus</i>	850
<i>Mugil cephalus</i>	565
<i>Crassostrea gigas</i>	18,000



## ALLEVAMENTO PESCI :

Introdotti all'inizio di aprile

Origine : selvatica (Cefalo) acquacoltura (Ombrina e Sarago)

Monitoraggio biomassa ( peso e lunghezza) → apporto di cibo giornaliero

Tasso di crescita misurazione di 50/100 # → utilizzo di fenossietanolo

Settimanalmente controllo di ectoparassiti → *A.Ocellatum* trattato con  $CuSO_4$

Settimanalmente controllo di ectoparassiti ✉ *A. Ocellatum*

Table 4  
Feed ration table for meagre (EPPO, IPMA).

Temperature (°C) Fish size (g)	12	15	18	21
50-100	0.4	1.5	2.0	3.0
100-150	0.4	1.2	1.6	2.4
150-200	0.4	1.1	1.5	2.0
200-250	0.4	1.0	1.4	1.6
250-300	0.3	0.8	1.1	1.6
300-350	0.3	0.8	1.1	1.6
350-400	0.3	0.8	1.1	1.6
400-450	0.2	0.8	1.1	1.6
450-500	0.2	0.8	1.0	1.6

# RISULTA

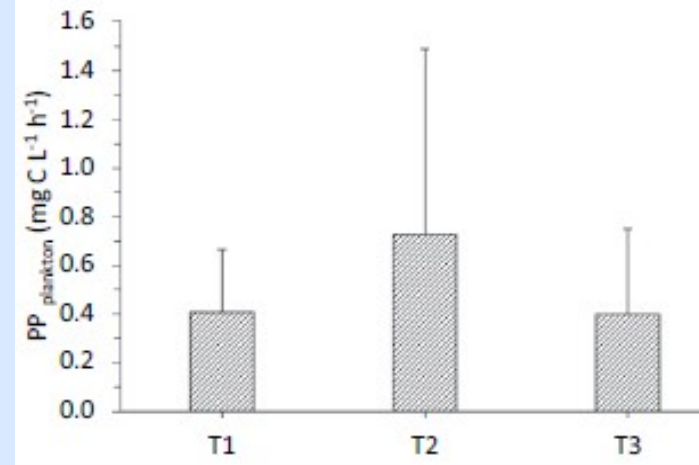
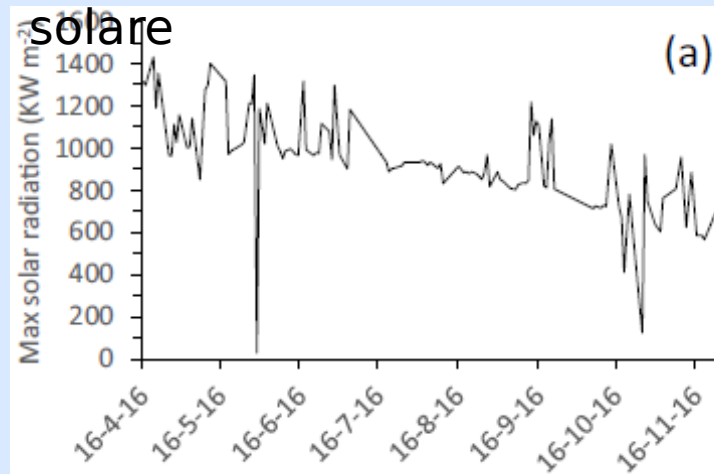
Radiazione solare e T  
Totale mangime 1114 kg >  
 aprile/luglio  
Ricambio d'acqua  
 Input di ossigeno > da mattina a  
 DO < dalla primavera  
 all'autunno  
 pomeriggio  
 [T2 ~ T1] > T3  
TORBIDITÀ  
 autunno  
 > fine estate inizio  
 > da mattina a  
 pomeriggio  
 [T1 ~ T2] < T3

## TRASPARENZA

T1 >> T3

	Afternoon	234
Salinity (psu)	Morning	220
	Afternoon	220
Dissolved oxygen (mg L <sup>-1</sup> )	Morning	234
	Afternoon	234
pH	Morning	232
	Afternoon	232
Turbidity (FNU)	Morning	216
	Afternoon	216
Transparency (cm)	Noon	110

PP LORDA > in  
 primavera in T2  
 ph [T2 ~ T1] > T3



## FITOPLANCTON

- Diatomee
- Dinoflagellati
- Chlorodendrophyc eae

option for transparency measured by Secchi disk.

	T1	T2	T3
	22.7 ± 3.37	22.7 ± 3.36	22.6 ± 3.34
	24.7 ± 3.70	24.7 ± 3.72	24.6 ± 3.65
Salinity (psu)	Morning 35.8 ± 0.98	Morning 35.8 ± 0.98	Morning 35.9 ± 0.95
	Afternoon 35.8 ± 0.99	Afternoon 35.9 ± 0.97	Afternoon 35.9 ± 0.95
Dissolved oxygen (mg L <sup>-1</sup> )	Morning 5.4 ± 0.61 <sup>a</sup>	Morning 5.4 ± 0.55 <sup>ab</sup>	Morning 5.3 ± 0.64 <sup>b</sup>
	Afternoon 6.7 ± 1.07 <sup>a</sup>	Afternoon 6.8 ± 1.19 <sup>a</sup>	Afternoon 6.4 ± 1.28 <sup>b</sup>
pH	Morning 8.4 ± 0.18	Morning 8.4 ± 0.18	Morning 8.4 ± 0.18
	Afternoon 8.6 ± 0.19	Afternoon 8.6 ± 0.22	Afternoon 8.6 ± 0.20
Turbidity (FNU)	Morning 13.7 ± 7.23 <sup>b</sup>	Morning 13.3 ± 6.67 <sup>b</sup>	Morning 15.7 ± 7.92 <sup>a</sup>
	Afternoon 17.3 ± 7.05 <sup>b</sup>	Afternoon 16.6 ± 6.18 <sup>b</sup>	Afternoon 19.9 ± 8.55 <sup>a</sup>
Transparency (cm)	Noon 60.6 ± 12.12 <sup>a</sup>	Noon 55.2 ± 18.61 <sup>b</sup>	Noon 51.2 ± 13.41 <sup>b</sup>

In the same row means superscripted with the same letter do not differ significantly (P ≤ 0.05).

# PESCI

Biomassa raccolta → (1,49kg/m<sub>3</sub>T1) > T2 > T3

FCR → T3 > T1

Ombrina biomassa < in T3 e > T1

Sarago biomassa < in T2 e > T1

Cefalo biomassa < in T2 e > T1

biomassa < in T2 e > T1  
Table 5

Final harvested biomass (Biomass), fish density (Density), food conversion rate (FCR), mean total weight (TW), total length (TL), condition factor (CF), specific growth rate (SGR) and daily growth index (DGI) ± SD of fish in the three treatments. Superscript letters indicate significant differences.

Species	Parameter	N	T1	T2	T3
All	Biomass (kg)	2	1115 ± 2.4 <sup>a</sup>	1087 ± 7.5 <sup>b</sup>	857 ± 56.3 <sup>c</sup>
	Density	2	1.49 ± 0.003 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.010 <sup>b</sup>	1.14 ± 0.075 <sup>c</sup>
	FCR	2	1.59 ± 0.000 <sup>c</sup>	1.65 ± 0.014 <sup>b</sup>	2.46 ± 0.113 <sup>a</sup>
<i>Argyrosomus regius</i>	Biomass (kg)	2	835 ± 0.5 <sup>b</sup>	861 ± 6.7 <sup>a</sup>	603 ± 63.6 <sup>c</sup>
	TW (g)	86	579.8 ± 63.40 <sup>b</sup>	599.0 ± 81.02 <sup>a</sup>	418.6 ± 94.34 <sup>c</sup>
	TL (cm)	86	37.0 ± 2.18 <sup>b</sup>	38.4 ± 2.67 <sup>a</sup>	35.0 ± 3.02 <sup>c</sup>
	CF	86	1.12 ± 0.006 <sup>a</sup>	1.03 ± 0.068 <sup>b</sup>	0.96 ± 0.092 <sup>c</sup>
	SGR (% day <sup>-1</sup> )	2	0.43 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.44 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.043 <sup>c</sup>
	DGI	2	1.00 ± 0.003 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.108 <sup>c</sup>
<i>Diplodus sargus</i>	Biomass (kg)	2	160 ± 5.4 <sup>a</sup>	135 ± 2.2 <sup>b</sup>	145 ± 7.9 <sup>a</sup>
	TW (g)	100	188.5 ± 24.22 <sup>a</sup>	159.5 ± 27.33 <sup>c</sup>	174.4 ± 27.14 <sup>b</sup>
	TL (cm)	100	21.2 ± 1.07 <sup>a</sup>	20.1 ± 1.34 <sup>b</sup>	21.1 ± 1.21 <sup>a</sup>
	CF	100	1.99 ± 0.169 <sup>a</sup>	1.95 ± 0.221 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.151 <sup>b</sup>
	SGR (% day <sup>-1</sup> )	2	0.53 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.46 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.009 <sup>a</sup>
	DGI	2	0.83 ± 0.025 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.013 <sup>b</sup>	0.76 ± 0.016 <sup>a</sup>
<i>Mugil cephalus</i>	Biomass (kg)	2	120 ± 8.1 <sup>a</sup>	90 ± 2.9 <sup>b</sup>	109 ± 0.5 <sup>a</sup>
	TW (g)	100	213.0 ± 98.33 <sup>a</sup>	159.9 ± 94.70 <sup>b</sup>	193.1 ± 101.142 <sup>a</sup>
	TL (cm)	100	28.3 ± 4.03 <sup>a</sup>	26.8 ± 4.00 <sup>b</sup>	25.7 ± 4.00 <sup>b</sup>
	CF	100	0.88 ± 0.060 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.137 <sup>c</sup>	0.94 ± 0.179 <sup>a</sup>
	SGR (% day <sup>-1</sup> )	2	0.24 ± 0.028 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.014 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.002 <sup>a</sup>
	DGI	2	0.44 ± 0.057 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.025 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.003 <sup>a</sup>

The Food Conversion Rate (FCR) was calculated for the entire fish population as follows: Total provided dry feed (kg) / Sum of wet weight gain for each fish species (kg).

Condition Factor (CF) = (W/L<sup>3</sup>) × 100.

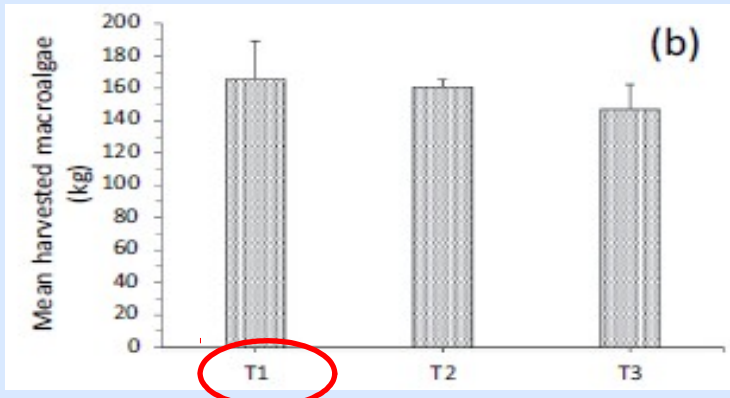
Specific Growth Rate (SGR, %/day) = [ln (Wt/Wi)/T] × 100.

Daily Growth Index (DGI) = 100 × [(Wt)<sup>1/3</sup> - (Wi)<sup>1/3</sup>]/T.

where W = total weight of fish, Wi = initial weight, Wt = final weight, L = Total length of fish and T = time duration in days.

# MACROALGHE

T2 e T1 > raccolta di T3



# OSTRICHE

Sopravvivenza < 20 %

T1-T2

☞ T2 (*A. acollatum*)

Table 4 Comparison of oyster means of tissue weight, AFNOR index and survival ± SD in the two treatments.

Parameter	N	T1	T2
Biomass (kg)	2	179.6 ± 3.5	176.7 ± 36.9
Tissue weight (g)	50	8.38 ± 2.248 <sup>b</sup>	10.38 ± 3.872 <sup>a</sup>
AFNOR index	50	14.37 ± 2.386 <sup>b</sup>	15.63 ± 2.460 <sup>a</sup>
Final Survival	10	18.7 ± 1.46 <sup>a</sup>	15.5 ± 1.96 <sup>b</sup>

# DISCUSSIONE

T3 assenza di ostriche ➡ elevata torbidità ➡ minor trasparenza ➡ minor PP (< DO; < pH)  
T3 input di areazione esterna > del 30%

T2 controllo di macroalghe ➡ minor competizione nutrienti ➡ > biomassa fitoplanctonica ➡  
> biomassa ostriche

T1 e T2 presenza di ostriche ➡ > fotosintesi ➡ > biomassa macroalghe

- attività filtratoria ➡ fotosintesi
- rifiuti emessi (N,P) ➡ crescita fitoplanctonica

Ostriche: controllano la crescita di fitoplancton ➡  
stabilizzazione (DO)

Ombrina ➡ in T3 con bassi (DO) bassa assunzione di mangime (FI)

Sarago ➡ valori > di quelli riscontrati in letteratura di DGI nel T1 ➡ > apporto proteico  
42% contro il 28%

Cefalo ➡ prestazioni elevate in T1 DGI ; onnivori/ detritivori possono cibarsi di perifiton



# CONCLUSIONI

- FCR molto basso in T1 ha evidenziato la migliore efficienza di questo trattamento.
- La migliore qualità dell'acqua in T1 ha contribuito alla diminuzione del dispendio energetico, migliore redditività.
- La densità finale ottenuta  $1,5 \text{ kg/m}^3$  ha rispettato gli standard di una produzione semi-intensiva.
- La produzione di macroalghe e ostriche ha contribuito ad aumentare la resa e i profitti della coltura.

della coltura.  
*PROSPETTIVE*

IMTA ha bisogno di nuove normative specifiche per un sistema multi-trofico che non può avere le stesse normative di una monocoltura.

Necessità di conferire pieno valore alle alghe e agli organismi filtratori non solo dal punto di vista della biomassa ma anche per i loro servizi ecosistemici ( biomitigazione dei nutrienti, riduzione dell'acidificazione delle coste, fornitura di ossigeno, ripristino dell'habitat).

Questi sistemi potrebbero essere applicati in aree marine protette (AMP), fornendo posti di lavoro in attività legate allo sviluppo sostenibile (ecoturismo, produzione di pesce).

# RIASSUNTO

Il sistema di Acquacoltura Multi-trofica Integrata (IMTA) sviluppa la policoltura di diverse specie di interesse commerciale appartenenti a diversi livelli trofici; crea un sistema bilanciato con alta produttività e basso dispendio energetico.

Per il miglioramento di questo sistema è necessario individuare il ruolo di ogni singola specie all'interno della policoltura.

L'obiettivo dello studio è stato quello di confrontare tre sistemi IMTA con diverse combinazioni di specie al suo interno e valutarne l'efficienza.

I tre trattamenti prevedevano la combinazione di :

-T1 pesce, filtratore, fitoplancton e macroalghe

-T2 pesce, filtratore, fitoplancton

-T3 pesce, filtratore, macroalghe

I risultati mostrano che le ostriche migliorano la qualità dell'acqua riducendone la torbidità e controllando la crescita di fitoplancton che a sua volta controlla i livelli di (DO) ossigeno disciolto.

La migliore qualità dell'acqua contribuisce ad aumentare la biomassa finale prodotta.

Si è riscontrata un'efficienza ottimale nel trattamento T1 dove erano presenti pesci, filtratori, fitoplancton e macroalghe con una produttività maggiore e un dispendio energetico minore.