



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **La fluorescenza in vivo del fitoplancton come metodo di indagine della biomassa in mare: due casi di studio nel Canale di Sicilia**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

La fluorescenza in vivo del fitoplancton come metodo di indagine della biomassa in mare: due casi di studio nel Canale di Sicilia / Fossi L.; Nardello I.; Lazzara L.. - In: BIOLOGI ITALIANI. - ISSN 0392-2510. - STAMPA. - XXXIV (2):(2004), pp. 28-35.

*Availability:*

This version is available at: 2158/213510 since:

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

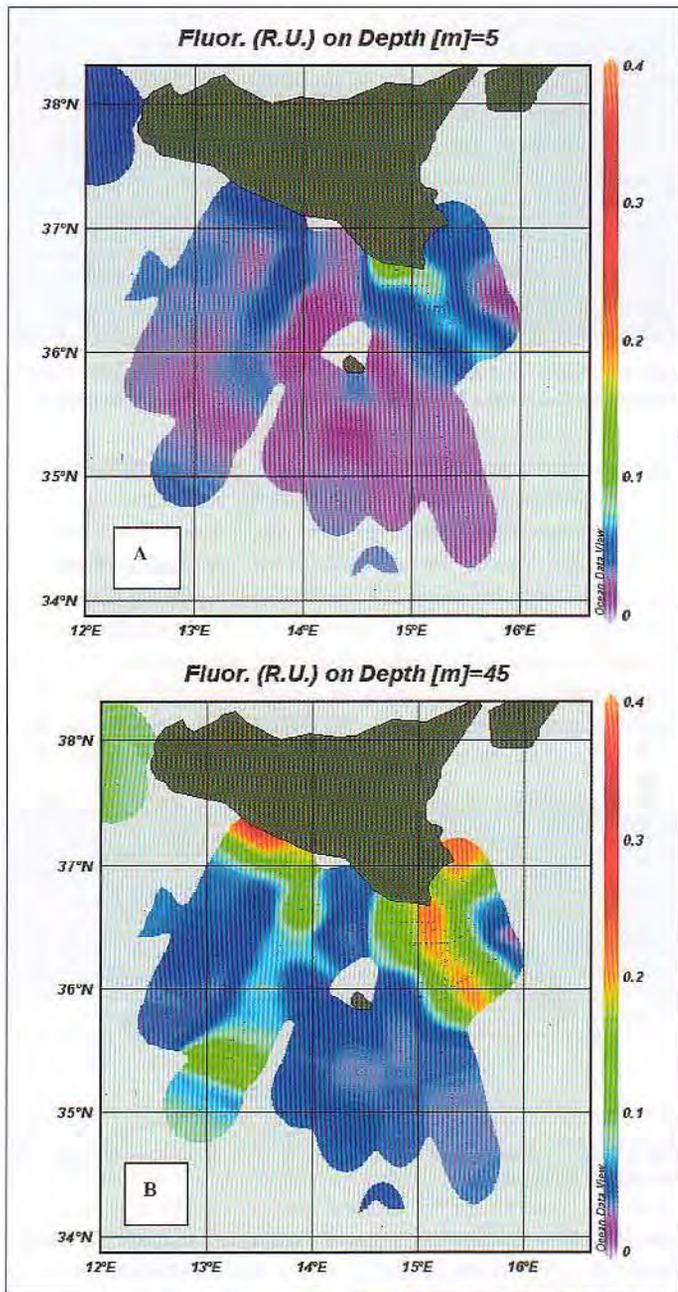


Fig. 4 - SYMPLEX 96: Mappa di distribuzione di fluorescenza della clorofilla a (fluorimetro subacqueo SeaTech; u.r.) a 5 m; B) a 45m; Elaborazioni: Ocean Data View.

piattaforma continentale risulta fortemente marcato dal fenomeno, e un'area di altrettanto elevata fluorescenza si evidenzia pure al largo della costa d' Agrigento. Ad esclusione delle zone indicate, i valori di fluorescenza SeaTech nell'area di studio, relativamente alle quote esaminate, non sono superiori a 0.1 u.r., indicando nella tarda primavera, ad eccezione del margine orientale della piattaforma continentale, una generale scarsità di biomassa.

Per indagare la distribuzione verticale del parametro fluorescenza vengono analizzati in grafico i profili di fluorescenza e sono state elaborate mappe di isoplete lungo due transesti ortogonali e intersecanti, nella parte centro-orientale dell'area di studio. Rispetto alla mappatura orizzontale, i massimi di fluore-

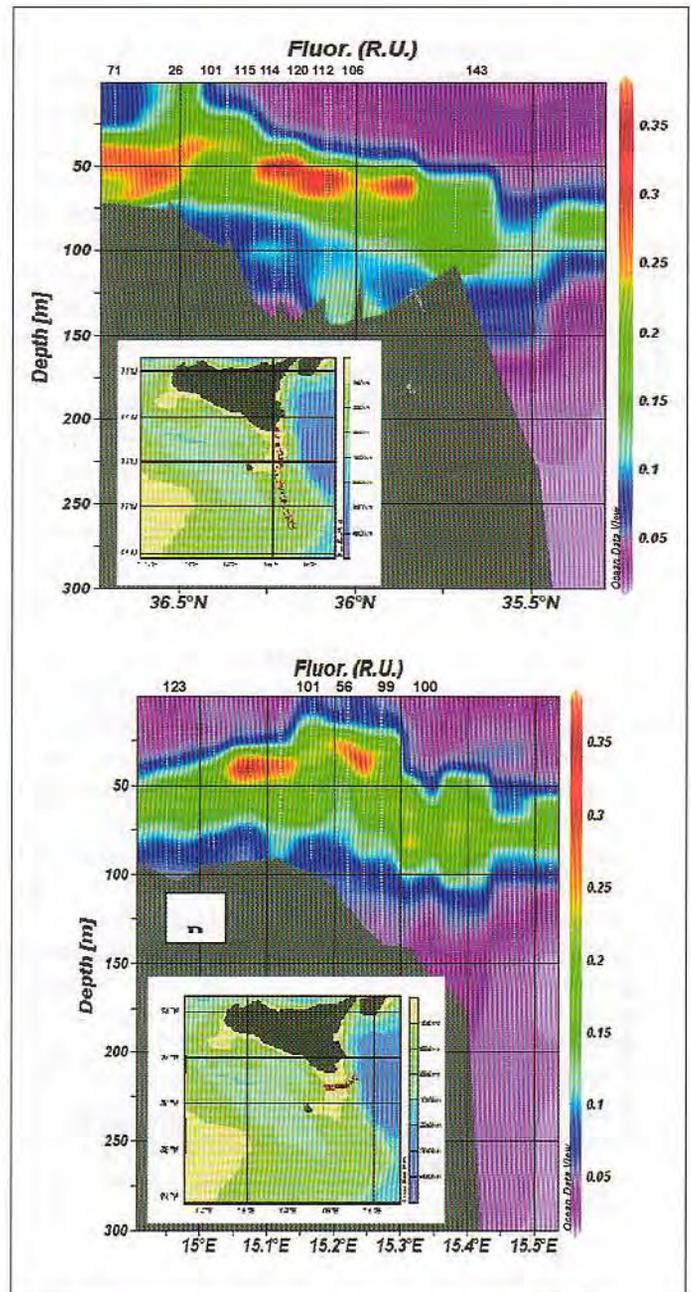


Fig. 5 - SYMPLEX 96: Transesti Nord- Sud (A) ed Est-ovest (B)

scenza appaiono distribuiti in modo variabile tra la superficie e i 75 m, risultando più superficiali nella zona centrale. Inoltre, l'emissione di fluorescenza appare consistente e continua lungo tutto il margine orientale della stessa piattaforma, con massimi di 0.35 u.r. (Fig. 5 A-B). Segnali meno intensi si rilevano invece sul versante occidentale e meridionale della piattaforma e, in generale, al di fuori delle aree prettamente neritiche. In tali distretti, i massimi di fluorescenza appaiono anche più profondi, distribuiti a quote tra 50 e 100 m.

**SYMPLEX '98**

Nel corso della Campagna SYMPLEX '98 (Fig. 6A), effettuata in una situazione primaverile meno avanzata (fine Marzo - ini-

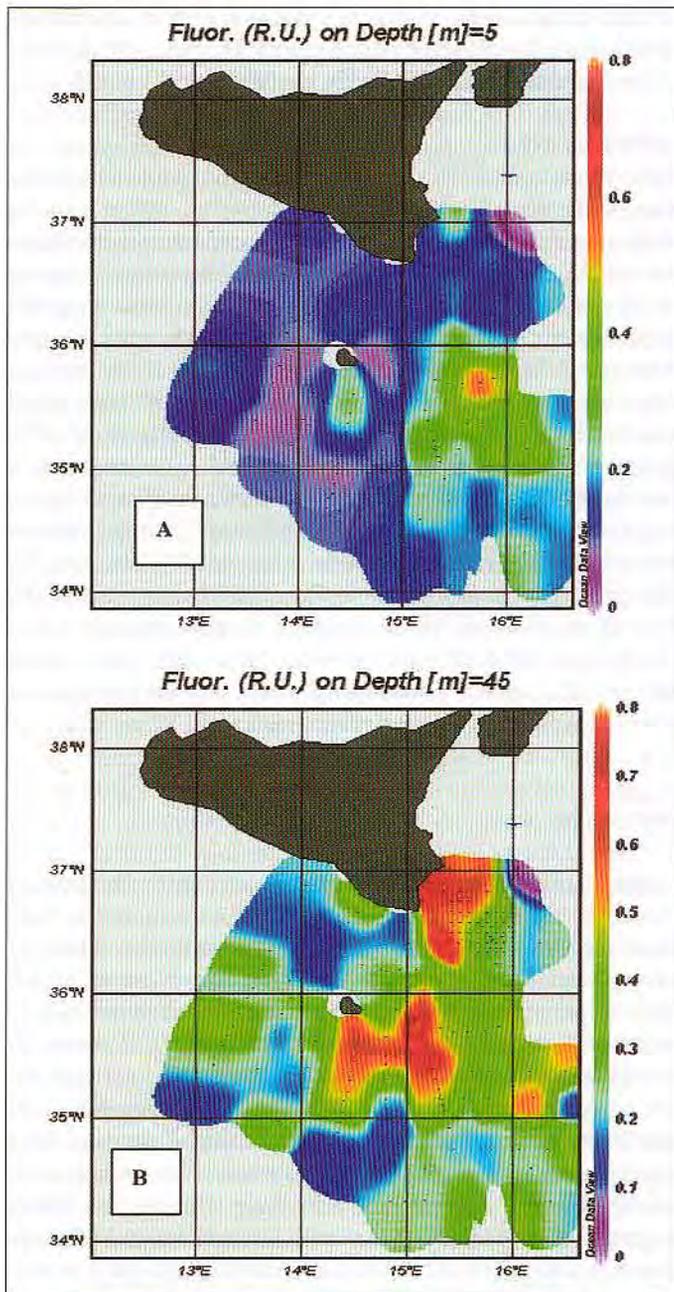


Fig. 6 - SYMPLEX 98: Mappa di distribuzione di fluorescenza della clorofilla a (fluorimetro subacqueo SeaTech; u.r.) a 5 m (A); a 45m (B); Elaborazioni : Ocean Data View

zio Aprile), sono stati registrati valori sempre più elevati rispetto alla campagna del 1996. A sud dell'Isola di Malta, in corrispondenza del Canale di Malta e di Linosa, si nota un'area in cui il segnale risulta abbastanza elevato (valori tra 0.3-0.5 u.r.) rispetto all'area strettamente circostante. Nella campagna del '96, ugualmente tale zona risultava isolatamente differenziata, ma con uno scarto nettamente minore e valori in ogni caso più modesti, tale da non essere così evidente. Il segnale di fluorescenza è invece forte lungo il margine orientale della scarpata tra i 35 e i 36 gradi N ( fino a 0.5 u.r.). A 45 m (Fig. 6B), le mappe restituiscono valori mediamente più elevati rispetto alla superficie: in particolare a Sud e ad Est di Capo Passero si raggiungono valori di 0.6 u.r., e nella zona a Sud e a Est di Malta valori di

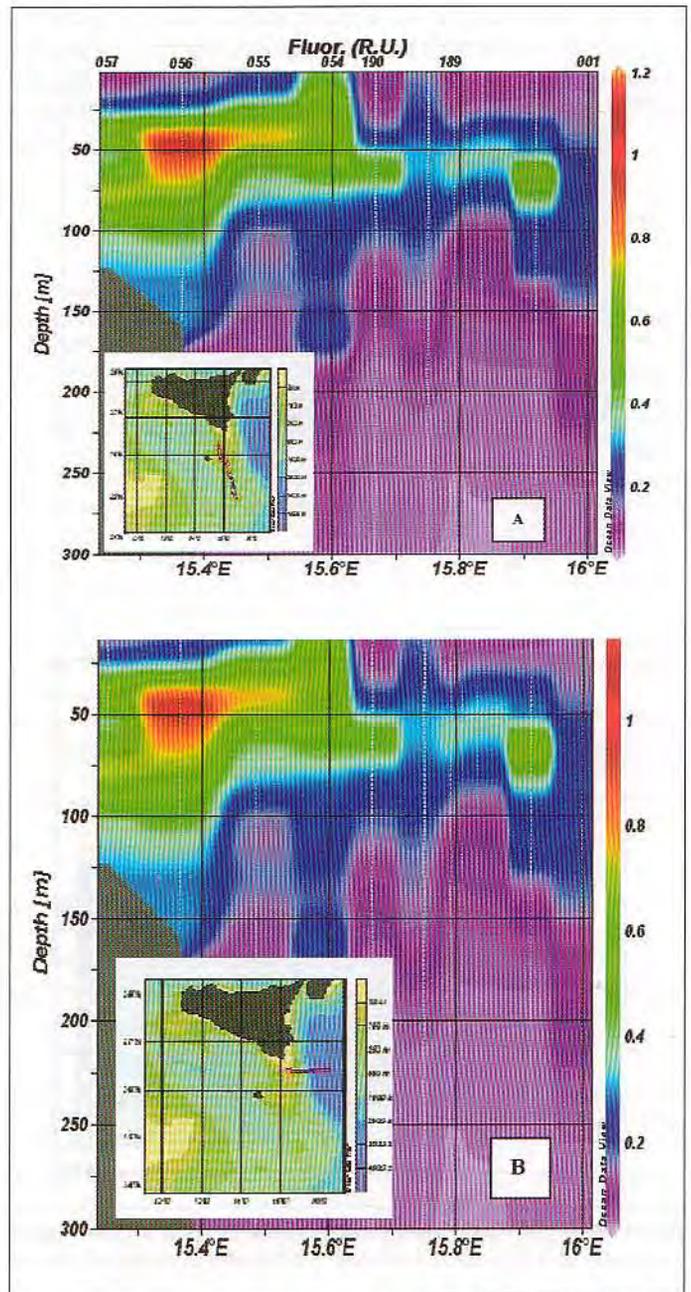


Fig. 7 - SYMPLEX 98:Transecti Nord- Sud (A) e Est- Ovest (B)

0.8 u.r. Le mappe di distribuzione verticale della fluorescenza di chl sono state realizzate lungo due transecti ortogonali sulla piattaforma: uno in direzione NNO/SSE (Fig. 7A) e uno in direzione E/O (Fig. 7B) dell'area di studio. In Fig. 7A si ha segnale elevato tra 30 e 75 metri nella zona di piattaforma, e segnali continuamente elevati dalla superficie fino a 100 m in corrispondenza del Canale di Malta, dove anche la profondità del fondale è maggiore. In Fig. 7B si ha l'emergenza di segnali elevati tra la superficie e i 70 m già in corrispondenza della zona di scarpata. A ridosso della piattaforma, i segnali diventano più intensi, fino a 1.2 u.r., e confinati ad una quota più profonda (50 m), mentre lo strato superficiale appare completamente povero di biomassa.

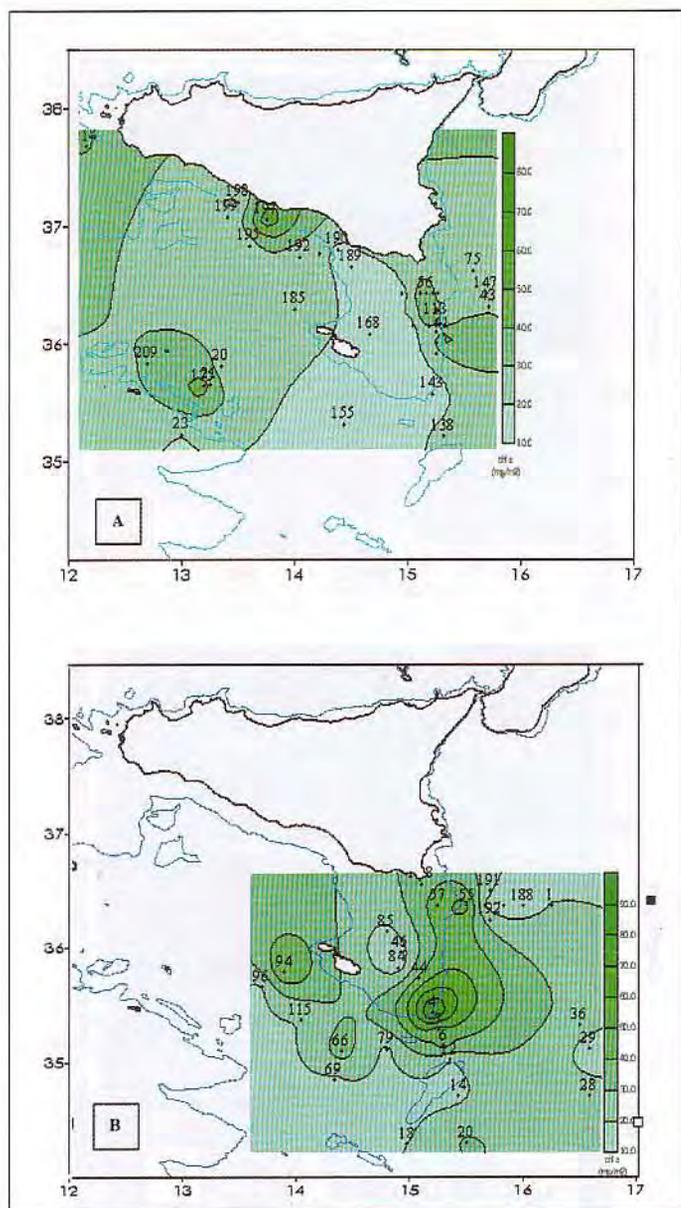


Fig. 8 - SYMPLEX 96-98: Isopete della clorofilla integrata 0-100m (mg/m<sup>2</sup>) A) Symplex 96: 8 classi da 10 a 80 mg/m<sup>2</sup>; B) Symplex 98: 9 classi da 10 a 90 mg m<sup>-2</sup>.

**Distribuzione della clorofilla *in situ***

**SYMPLEX '96**

In Fig. 8A è rappresentata la distribuzione geografica della clorofilla integrata tra 0 e 100m, relativamente alla campagna SYMPLEX '96. Il valore medio relativo a tutta l'area indagata è pari a 27.47 mg/m<sup>2</sup>, variando tra 11.76 e 58.78 mg/m<sup>2</sup>. Si evidenziano valori superiori a 30 mg/m<sup>2</sup> a ridosso della costa di Agrigento e, isolatamente, nella parte sud-occidentale del Canale di Sicilia; allo stesso ordine di grandezza appartengono i massimi relativi disposti con continuità lungo il margine orientale della piattaforma continentale. Le porzioni centrale ed occidentale dell'area indagata presentano invece estrema oligotrofia con un valore medio di chl integrata pari a 15.35 mg/m<sup>2</sup> (stazioni 189, 168, 155, 143; d.s.=3.64). Il massimo assoluto (58.8 mg/m<sup>2</sup>), è stato misurato in corrispondenza della stazione 197,

al largo della costa di Agrigento; massimi relativi consistenti, (43-49 mg/m<sup>2</sup>) si rilevano nelle stazioni 41, 113, e 56, localizzate nella porzione orientale della piattaforma.

**SYMPLEX '98**

Nella primavera del '98 (Fig. 8B), il valore medio della concentrazione dei clorofeopigmenti integrata tra 0 e 100 m è pari a 26.86 mg/m<sup>2</sup>, appena inferiore a quello riscontrato per la campagna del '96: la mappa del '98 copre un'area meno ampia rispetto al '96, comunque, nelle aree dove è possibile effettuare una sovrapposizione spaziale, si notano alcune analogie nella distribuzione geografica dei massimi: una delle zone più ricche risulta a ridosso della scarpata orientale del Canale di Sicilia, con valori massimi di chl integrata tra 0 e 100 m più elevati rispetto al 1996, raggiungendo il valore di 84.49 mg/m<sup>2</sup> di chl *a* in corrispondenza della stazione 04, sul margine sud-orientale del Plateau Maltese. I valori si mantengono elevati lungo tutto il margine, variando mediamente tra 50 mg/m<sup>2</sup>, nella zona settentrionale (staz. 55, 57), e 43 mg/m<sup>2</sup> in prossimità del Banco di Medina (stazioni 07, 06). Ad eccezione di isolate situazioni di concentrazione relativamente elevata di chl (staz.94, 66), il resto dell'area indagata presenta in media una generale oligotrofia, sia nella porzione neritica (17.93 mg/m<sup>2</sup>) che in quella oceanica ( 21.97 mg/m<sup>2</sup>).

**Discussione**

Le analisi di distribuzione della biomassa a partire da misure di fluorescenza *in situ* hanno evidenziato che, in entrambe le campagne, i massimi di chl sono distribuiti in modo discontinuo ed a zone, dando luogo a veri *patches* trofici. In particolare, tutto il margine orientale di scarpata della piattaforma continentale siciliana, dalla punta sud-occidentale della Sicilia (C. Passero) fino alla latitudine di Malta, e l'adiacente ambiente neritico, appaiono particolarmente ricchi in biomassa, distinguendosi dal circostante corpo d'acqua del Canale. Analisi di carattere idrologico, di tenore in nutrienti, nonché l'esame delle immagini satellitari AVHRR di temperatura del mare (Bohm *et al.*, 1998), suggeriscono che in questa regione il fitoplancton può sfruttare risorse trofiche rese disponibili dalla risalita di Acque Levantine Intermedie (LIW) fin nella zona eufotica. (Bohm *et al.*, 1999). Infatti, queste acque sono più fredde e meno salate, e decorrono in senso Est-Ovest provenendo dal Bacino Levantino, in un strato compreso tra i 200 e i 600 m di profondità. L'ostacolo rappresentato dalla piattaforma continentale provoca l'innalzamento di questo massa d'acqua fino a quote meno profonde, con il loro carico di sostanze nutritive, e, in primavera, il conseguente sviluppo di biomassa fitoplanctonica. La rappresentazione della distribuzione dei clorofeopigmenti integrati lungo la colonna d'acqua restituisce un'informazione del tutto simile, ma ci consente di mettere in luce che, benché il valore di chl integrata sia mediamente simile in ambedue le campagne, i valori massimi sono più elevati nella campagna del '98, come è ben evidente dal confronto dei due anni nella zona a Sud di Capo Passero. Dalle mappe di distribuzione della fluorescenza (Figg. 4-7) il DCM della campagna del '96 (primavera avanzata) risulta infatti essere più profondo rispetto alla campagna del '98. Questi dati sono in accordo con l'andamento del ciclo stagionale del

fitoplancton alle nostre latitudini: il termocline superficiale che si instaura a seguito dell'aumento della temperatura atmosferica in primavera, si approfonda con l'avanzare della stagione; la fioritura fitoplanctonica inizia nello strato sovrastante, con concentrazioni elevate nel mese di marzo, valori stagionali massimi nel mese di aprile, ed ha una tendenza a diminuire con il termine della primavera (Antoine, *et al.* 1995), in coincidenza con la diminuzione delle risorse trofiche disponibili nello strato superficiale. Le zone più interessate da fenomeni di *upwelling*, mediamente uguali nei due anni, presentano valori molto più elevati nel '98 piuttosto che nel '96, probabilmente a causa della stagione meno avanzata e quindi di una maggiore disponibilità di nutrienti. L'analisi delle mappe di fluorescenza, invece, non ci permette di ottenere questo confronto per via diretta, a causa dell'instabilità della relazione fluorescenza SeaTech/chl nei due anni. Infatti, le relazioni tra fluorescenza e chl (**Tab. 1**) mostrano coefficienti di correlazione elevati e coefficienti delle rette di regressione stabili nel tempo soprattutto per le misure effettuate con il fluorimetro PE più che con il SeaTech. La differenza può essere imputata anche al modo con cui i due strumenti inducono la fluorescenza: il fluorimetro PE eccita la fluorescenza con un impulso luminoso estremamente debole, su un campione isolato dalle condizioni ambientali di luce; SeaTech, invece induce la fluorescenza con un flash saturante che può dar luogo a risposte diverse a seconda delle condizioni di fotoadattamento negli organismi presenti alla quota di misura, fornendo di conseguenza valori di fluorescenza maggiormente variabili. Infatti la fluorescenza SeaTech e la chl risultano più correlati se vengono distinte le misure effettuate con PAR superficiale fotoinibente da quelle con PAR superficiale di minore intensità (**Fig. 2A e 2B**). In particolare, il coefficiente angolare della retta di regressione è più basso nel sottogruppo con le PAR più elevate, indicando e confermando che l'emissione di fluorescenza è più bassa in condizioni di fotosaturazione, come descritto dalla letteratura (Falkowski e Raven, 1997).

Pur mostrando coefficienti di correlazione discretamente elevati, la relazione fluorescenza SeaTech/chl è molto differente nelle due campagne così come quella SeaTech/PE (**Tab. 1**): questo può essere attribuito ad una variazione nella calibrazione del fluorimetro nell'intervallo di tempo intercorso tra le due campagne e mette in evidenza la necessità di continue verifiche delle condizioni di utilizzo e manutenzione della strumentazione utilizzata.

L'uso di un profilatore subacqueo, che misura in continuo lungo tutta la colonna d'acqua, presenta indubbi vantaggi circa la copertura spaziale e temporale della misura, con un notevole contributo alla sinotticità nell'osservazione e nello studio dei complessi sistemi biologici in mare. Per l'utilizzo della fluorescenza come metodo di monitoraggio della biomassa in mare, si rende quindi necessaria la produzione di relazioni empiriche stabili nel tempo, che consentano di determinare la quantità di biomassa in tempo reale attraverso algoritmi di calcolo da implementare su sistemi di acquisizione ottici, basati sull'emissione di fluorescenza da parte della chl e degli altri pigmenti fotosintetici. Nonostante alcune problematiche emerse dalla discussione dei risultati, è evidente in tutte le analisi proposte, il grado elevato di correlazione tra l'emissione di fluorescenza a 685 nm ( $\pm 5$ nm) e la concentrazione della chl *a* dei microrganismi fotoautotrofi. Per questo motivo, l'emissione di fluorescenza dei

pigmenti fotosintetici rappresenta uno dei più validi metodi di indagine della biomassa in mare, ed è infatti da alcuni anni impiegata anche dai più recenti sensori ottici satellitari dei satelliti (MODIS, MERIS) per lo studio del colore degli oceani e della produzione primaria marina.

#### Bibliografia

- 1) Aliani S. (1998). Transport of Benthic Species in the Sicily Channel: Preliminary Observations. *Atti del XII congresso A.I.O.L.*, vol. II., Picazzo M. (Ed.), 173-182
- 2) Antoine D. *et al.*, (1995). Algal pigment distribution and primary production in the eastern Mediterranean as derived from coastal zone color scanner observation. *Journal of Geophysical Research*, Vol 100 (C8), 193-209.
- 3) Bohm E., D'Ortenzio F., Lazzara L., Nardello I., Ribera D'Alcalà M., Santoleri L. *et al.* (1998). Symplex Experiment: first results on oceanic mesoscale dynamics and relate primary production from AVHRR and SeaWiFS satellite data and field experiments. EUROPTO, EOS-SPIE. Int. Sym. 24-28/09/98, Barcelona Spain, 19
- 4) Cullen J.J. *et al.* (1997). Optical detection and assessment of algal blooms. *Limnology Oceanography*, 42 (5 part 2), 1223-1239.
- 5) Falkowski P.G., Kolber Z., (1995). Variations in Chlorophyll Fluorescence Yields in Phytoplankton in the World Oceans. *Australian Journal of Plant Physiology* 9, Vol. 22, 341-355.6
- 6) Falkowski P.G., Raven J. A., (1997). *Acquatic Photosynthesis*. Blackwell Science, USA, pp.375
- 7) Jeffrey S.W. and, Humphrey G.F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*, *c* <sub>2</sub> in algae, phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. plants*: 167:191-194
- 8) Larkum A. and Barret J. (1983). Light-harvesting processes in algae. *Adv. Bot. Res.* 10, 3-219.
- 9) Lazzara L., Bianchi F., Falcucci M., Hull V., Modigh M., Ribera d'Alcalà M. (1990) Pigmenti Clorofilliani. *Nova Thalassia*, Vol. 11, 207-223.
- 10) Lazzara L., Massi L., Nuccio C., Biondi M., Innamorati M. (1997). Phytoplankton ecology: irradiance, particles, gilvin, pigments, absorption, fluorescence, production and species density in Terra Nova Bay, Ross Sea. *Nat. Prog. Ant. Res. RossMize* 93 -95. Data Report , 229 - 279.
- 11) Lazzara L. (1999). *In vivo* optical properties and characterization of phytoplankton pigments for algal bloom detection and monitoring. *Rapp. Isit. Sup. Sanità*, 99 (8) , 25-34.
- 12) Loftus M.E., Seliger H.H (1979). Some limitations of the *in vivo* fluorescence technique. *Chesapeake Science*, 16 (2), 79-92.
- 13) Lorenzen C. J. (19667). A method for the continuous measurements of *in vivo* chlorophyll concentration. *Deep Sea Res.*, 13, 223-227.
- 14) Lorenzen C. J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments spectrophotometric equation. *Limnology Oceanography*, 22 (4)709-722.
- 15) Malanotte-Rizzoli P. *et al.*, (1998). The Eastern Mediterranean in the 80's and in the 90': the big Transition emerged from the POEM-BC observational Evidence. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.* 35.
- 16) Nardello I. (1999). Analisi delle variazioni della fluorescenza *in vivo* della clorofilla *a* per lo studio della distribuzione della biomassa e produzione primaria nel Canale di Sicilia, in primavera. Tesi di Laurea Fac. Sc.MFN, *Università degli Studi di Firenze*, Firenze, 72 pp.
- 17) Porra R.J. and, Pfundel E.E. (1997). Metabolism and function of photosynthetic pigments. In *Phytoplankton Pigments in Oceanography. Guidelines to Modern Methods*. SCOR-UNESCO, Paris, pp 85-126.
- 18) Prezelin B. B. (1981) Light reactions in Photosynthesis. In *Physiological Bases of Phytoplankton Ecology*, T. Platt (Ed.) *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences* N° 210. 1-43.
- 19) Prezelin B.B., and Boczar B. (1986). Molecular bases of cell absorption and fluorescence in phytoplankton: potential applications to studies in optical oceanography. *Progress In Phycological Research* Biopress, Bristol, Vol 4, 350-465.
- 20) Yentsch C.S. and Yentsch C.M. (1979). Fluorescence spectral signature: the characterization of phytoplankton populations by use of excitation and emission spectra. *J. Marine. Research*, 37 (3):471-483.