

# STUDIO LEPIDOCRONOLOGICO DI *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE IN ALCUNI SITI DEL MAR TIRRENO.

## A LEPIDOCRONOLOGICAL STUDY OF *POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE IN SOME TYRRHENIAN SITES.

Tania Dolce<sup>\*</sup>, Stanislao Ziantoni<sup>\*</sup>, Michele Scardi<sup>o</sup> ed Eugenio Fresi<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> Dipartimento di Biologia, Università "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica, 00133 Roma  
<sup>o</sup> Stazione Zoologica "A. Dohrn", Villa Comunale, 80121 Napoli

**Keywords:** lepidochronological analysis, *Posidonia oceanica*, seagrass production

**Abstract.** Lepidochronological analysis is a technique for the identification of yearly cycles of leaf production along *Posidonia oceanica* rhizomes. Estimates of primary production based on this technique are usually reliable. Even though regular periodical variation in lepidochronological data have been reported, in a data set from several Tyrrhenian prairies time series of leaf production show only random patterns.

### **Introduzione.**

Quando le foglie di *Posidonia oceanica* muoiono e si distaccano dalla pianta, le loro porzioni basali rimangono solidali con il rizoma e, con l'andare del tempo, si trasformano in una sottili scaglie, il cui spessore mostra variazioni cicliche (Crouzet, 1981). I cicli di variazione dello spessore delle scaglie hanno periodicità annuale, con minimi e massimi relativi rispettivamente in febbraio-marzo ed in settembre-ottobre (Crouzet *et al.*, 1983).

L'analisi lepidocronologica è una tecnica ormai consolidata che permette lo studio di questi cicli. Essa consente di effettuare stime di produzione primaria e di analizzare le variazioni temporali di fattori climatici ed edafici caratteristici delle praterie studiate (Pergent, 1987, 1990). L'interesse della tecnica è accresciuto dal fatto che all'interno della *matte*, cioè del fitto intreccio di rizomi, radici e sedimento sottostante la prateria, le scaglie si preservano integre per millenni (Boudouresque *et al.*, 1980), offrendo la possibilità di ricostruire la storia più o meno recente della prateria stessa.

Nell'ambito di una campagna mirata allo studio della variabilità della produzione primaria e dei parametri fenologici di *Posidonia oceanica* in diversi siti del Tirreno è stata effettuata una serie di analisi lepidocronologiche i cui risultati, pur confermando la validità del metodo per la stima della produzione, hanno aperto degli interrogativi in merito all'interpretazione delle variazioni del numero di scaglie presenti sul rizoma per ogni ciclo annuale.

In particolare, in diversi casi erano stati identificati cicli pluriannuali (Pergent *et al.*, 1983, 1989) la cui esistenza, evidentemente, implicherebbe una successione non casuale del numero di scaglie per ciclo annuale in uno stesso rizoma ed una tendenziale concordanza di fase del numero di scaglie per ciclo annuale fra rizomi diversi, soprattutto nell'ambito di una stessa prateria.

Poichè ciò non è sembrato emergere da un esame preliminare dai dati in nostro possesso, questo studio si propone di verificare l'esistenza di tali condizioni attraverso l'uso di una procedura di analisi appositamente impostata.

### **Materiali e metodi.**

L'analisi lepidocronologica è stata effettuata su 60 rizomi ortotropi (cioè ad accrescimento verticale) raccolti fra i 9 ed i 16 metri di profondità in sei stazioni del Mar Tirreno. Tre stazioni

erano situate nell'Arcipelago Pontino (Ponza, Ventotene e Palmarola), una nell'Arcipelago Toscano (Isola del Giglio) e due lungo le coste sarde (Golfo di Congianus e Villasimius).

Le scaglie di ciascun rizoma sono state staccate rispettando l'ordine distico di inserzione e quindi numerate a partire da quella immediatamente precedente la prima foglia vivente (Pergent, 1987, 1990). Per ciascuna scaglia è stata effettuata una sezione trasversale a 10÷12 mm dalla base (punto di inserzione sul rizoma). Lo spessore delle scaglie è stato quindi determinato osservando le sezioni con un microscopio munito di oculare micrometrico.

Andamento del numero di foglie prodotte per anno nei singoli rizomi: runs tests.

La successione del numero di foglie generate per anno da ciascuno dei rizomi campionati nei diversi siti è stata analizzata mediante una serie di runs test (Davis, 1986). I dati sono stati ricodificati in funzione del numero di foglie generate in uno di due stati possibili, rispettivamente inferiore o superiore al valore medio di tutti i rizomi esaminati (7.12 foglie anno<sup>-1</sup>). Se i due stati ricorrono rispettivamente in  $n_1$  ed  $n_2$  casi, allora il numero medio  $\bar{U}$  di sequenze dello stesso stato che è atteso per una serie generata casualmente è pari a:

$$\bar{U} = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

mentre l'errore standard  $\sigma_U$  si stima come:

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}$$

Se sia  $n_1$  che  $n_2$  sono maggiori di 10, allora la distribuzione di  $U$  può essere approssimata da una distribuzione normale, per cui è possibile utilizzare il seguente test  $Z$ :

$$Z = \frac{U - \bar{U}}{\sigma_U}$$

Si rigetta dunque l'ipotesi nulla  $H_0: U = \bar{U}$  se il valore di  $Z$  è maggiore in valore assoluto di 1.96 (per un livello di probabilità  $P=0.05$ ). Nel caso, peraltro non infrequente nel caso di dati lepidocronologici, in cui  $n_1$  o  $n_2$  sono minori o uguali a 10 si fa ricorso ad apposite tavole di riferimento.

Confronto del numero di foglie prodotte per anno fra diversi rizomi: cross-association.

Per ciò che riguarda i confronti fra diversi rizomi, sia all'interno del medesimo sito, sia fra siti diversi, si è fatto ricorso ad un approccio basato sulla cross-association (Davis, 1986). Ciò si è reso necessario a causa della natura discreta dei dati, che sconsigliava l'uso delle consuete misure di cross-correlation. In particolare, i tests sono stati effettuati su tutti i rizomi con almeno 9 cicli annuali riconoscibili. I dati sono stati codificati come -1/0/1 per indicare rispettivamente cicli annuali con meno di 7 foglie, con 7 foglie (valore medio) o con più di 7 foglie. I confronti fra rizomi sono stati ovviamente effettuati sulla parte iniziale in comune, la cui lunghezza è di  $n$  anni ( $n \geq 9$ ). Le serie considerate, essendo tutte sincrone, non sono state decalate nel tempo. La probabilità di osservare una concordanza fra le serie di due rizomi è dunque:

$$P = \frac{\sum_{k=1}^m X_{1k} X_{2k}}{n^2}$$

dove  $X_{ik}$  è il numero di casi in cui il  $k$ -mo valore ricorre nella  $i$ -ma serie. Nel caso in esame, inoltre,  $m$ , cioè il numero di possibili stati delle serie, è pari a 3. La probabilità  $P'$  di osservare una discordanza, ovviamente è il complemento a 1 di  $P$ .

La statistica da testare è un  $X^2$  con un solo grado di libertà ( $v=1$ ) cui è stata applicata la correzione di Yates a causa della brevità delle serie esaminate:

$$X^2 = \frac{(O - E - \frac{1}{2})^2}{E} + \frac{(O' - E' - \frac{1}{2})^2}{E'}$$

dove  $O$  ed  $O'$  sono rispettivamente le concordanze e le discordanze osservate ed  $E$  ed  $E'$  sono i corrispondenti valori attesi, che si ottengono moltiplicando rispettivamente  $P$  e  $P'$  per  $n$ .

Il valore tabulare di  $X^2$  per  $v=1$  è pari a 3.84 per  $P=0.05$  ed a 6.63 per  $P=0.01$ . Se il valore della statistica è superiore a queste soglie si può concludere che il numero di concordanze è superiore a quello atteso nel caso di una generazione casuale delle serie: in questo caso si può rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza delle serie a confronto.

### **Risultati.**

Lo spessore delle scaglie dei 60 rizomi osservati è caratterizzato da variazioni di un ordine di grandezza, cioè da 120 a 1200  $\mu\text{m}$  circa. Il numero medio di foglie (e quindi di scaglie) prodotte per ogni ciclo annuale è risultato minimo nella stazione di Villasimius (6.2) e massimo nella stazione di Ponza (7.9). I singoli cicli annuali variano da 4 a 12 scaglie, con una media generale di 7.12. La lunghezza dei rizomi prelevati e lo stato di conservazione delle scaglie è evidentemente l'elemento limitante per la lunghezza delle serie storiche.

L'analisi della successione del numero di foglie prodotte per anno (runs tests) è stata effettuata su tutti i rizomi in cui erano riconoscibili almeno 7 cicli annuali e solo in tre casi si è ottenuto un risultato significativo. In tre soli casi, cioè, è stato possibile rigettare l'ipotesi nulla di casualità nell'alternanza fra cicli annuali con un numero di foglie minore o maggiore della media generale. In particolare, in due casi sono state osservate serie con meno runs rispetto all'attesa ed in un solo caso una serie con un numero di runs più elevato rispetto all'attesa. Entrambe le condizioni implicano dei patterns più regolari di quelli generati da un processo casuale: nel primo caso si osservano lunghe sequenze di cicli più lunghi o più brevi della media, mentre nel secondo i due tipi di ciclo si alternano con regolarità. Tutti i rimanenti casi non si discostano da quanto atteso per un meccanismo di determinazione casuale del numero di foglie prodotte per anno.

Per ciò che riguarda i confronti fra serie relative a diversi rizomi (cross-association), l'ipotesi di indipendenza è stata rigettata soltanto per 9 confronti su 561 (cioè nell'1.6% dei casi). In altre parole, la quasi totalità delle serie sono risultate indipendenti fra loro, poichè rizomi diversi, anche in uno stesso sito, hanno prodotto un diverso numero di foglie nei medesimi cicli annuali. L'ipotesi di casualità del numero di foglie prodotte per anno sembra anche rafforzata dal fatto che solo tre dei nove casi in cui l'ipotesi nulla di indipendenza fra le serie è stata rigettata sono relativi a confronti fra rizomi prelevati nello stesso sito.

### **Conclusioni.**

Alla luce dell'apparente casualità della successione nel medesimo rizoma di cicli con un numero di foglie superiore o inferiore alla media, la mancanza di associazione fra rizomi diversi non deve sorprendere. D'altra parte, una conferma indiretta dell'ipotesi di una distribuzione casuale del numero di foglie prodotte per anno è costituita dal fatto che la distribuzione osservata per l'insieme di tutti i rizomi analizzati è risultata praticamente normale ( $P=0.31$ ), come è anche evidenziato nella figura 1, che mostra il confronto fra la distribuzione osservata e quella attesa sotto l'ipotesi di una distribuzione normale.

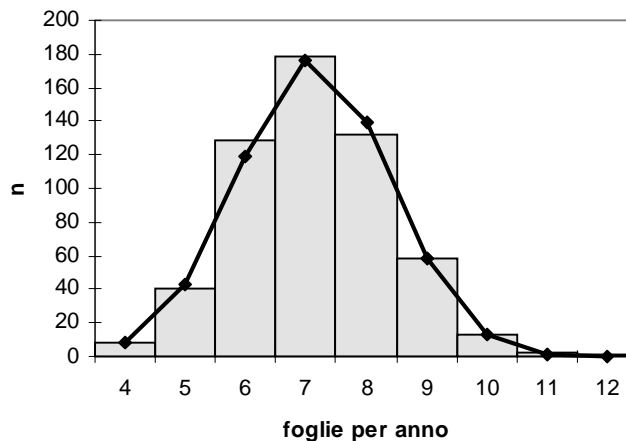


Figura 1. Distribuzione del numero di foglie per anno. La linea continua rappresenta i valori attesi nel caso di una distribuzione normale del numero di foglie prodotte per anno.

Quanto osservato apre ovviamente degli interrogativi in merito agli eventi o ai meccanismi che regolano la produzione fogliare. In ogni caso, se è vero che il numero di scaglie prodotte per anno è fortemente variabile e risponde ad una dinamica casuale, ogni possibile forma di elaborazione dei dati lepidocronologici che utilizzi il rango delle scaglie come unità di misura del tempo dovrebbe essere riconsiderata con estrema cautela.

Ciò implica che il solo dato certo prodotto dall'analisi lepidocronologica è costituito dalla posizione sul rizoma delle scaglie di spessore minimo relativo e quindi dall'età dei segmenti di rizoma compresi fra di esse. Ogni speculazione su eventuali patterns nell'andamento del numero di foglie prodotte per ciclo annuale sembra invece priva di effettivo fondamento, come, di conseguenza, quelle che riguardano l'esistenza di cicli pluriennali nello spessore delle scaglie stesse.

### **Bibliografia.**

- Boudouresque C.F., Giraud G., Panayotidis P., 1980. Végétation marine de l'île del Port-Cros (Parc National). XIX. Mise en place d'un transect permanent. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6: 207-221.
- Crouzet A., 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 7: 129-135.
- Crouzet A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent G., 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 28 (3): 112-113.
- Davis J.C., 1986. *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, x+646 pp.
- Pergent G., 1987. *Recherches lepidocronologiques chez Posidonia oceanica (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes*. Thèse Doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr., 853 pp.
- Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquatic Botany*, 37: 39-54.
- Pergent G., Boudouresque C.F., Crouzet A., 1983. Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica*. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 9: 107-148.
- Pergent G., Boudouresque C.F., Crouzet A., Meinesz A., 1989. Cyclic changes along *Posidonia* rhizomes (lepidochronology): present state and perspectives. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 10 (3): 221-230.