

Atti 5° Congresso SISEF: Foreste e Società - Cambiamenti, Conflitti, Sinergie

(a cura di: E. Lingua, R. Marzano, G. Minotta, R. Motta, A. Nosenzo, G. Bovio)

## Variazione degli stock di carbonio del suolo in seguito ai processi di abbandono dei coltivi: il caso studio dell'isola di Pantelleria (TP)

La Mantia T<sup>(1)</sup>, Oddo G<sup>(1)</sup>, Rühl J<sup>(1)</sup>, Furnari G<sup>(2)</sup>, Scalenghe R<sup>(2)</sup>

(1) Dipartimento di Colture Arboree, Università degli studi di Palermo, v.le delle Scienze, ed. 4, I-90128 Palermo (Italy); (2) Dipartimento di Agronomia Ambientale e Territoriale, Università degli studi di Palermo, v.le delle Scienze, I-90128 Palermo (Italy) - \*Corresponding author: Tommaso La Mantia (tommasolamantia@unipa.it).

**Abstract:** Variation of soil carbon stocks during the renaturation of old fields: the case study of the Pantelleria Island, Italy. The recent abandonment of marginal agricultural areas in the Mediterranean has caused an increase of the surface occupied by pre-forest and forest formations. In order to study the carbon accumulation processes on Pantelleria Island was selected a North-facing area. This area includes 5 stages of succession (sds) that compose a chronosequence (from 0 to 30 years) to understand soil C accumulation processes after abandonment. These are abandoned vineyards or caperbushes, not disturbed (grazing, fire) since agricultural abandonment, and they are situated in thermomediterranean belt and on the same parent material and consequently considered in the same ecological conditions. Samples at 1 cm, 10 cm and 40 cm depth, respectively, were taken for every sds in three different soil relief areas. Litter samples were taken too. Organic carbon content was determined for every sample. Carbon content increases from a sds to the next one. There is a duplication of C from sds0 (cultivated field) to sd1 (abandoned since few years) and from sds4 (abandoned since 16-30 years) to sds5 (abandoned since > 30 years). It seems that different types of vegetation play a key role in soil C dynamics and there are 85 t C ha<sup>-1</sup> in the top 40 cm of the soil after 30 years from the abandonment in the chronosequence and an annual C sequestration rate equal to 3.4 t ha<sup>-1</sup>. These results show that revegetation offers good opportunities to sequester CO<sub>2</sub> from the atmosphere and, therefore, to mitigate the greenhouse effect as it is requested by international agreements.

**Keywords:** Carbon, Soil, Chronosequence, Kyoto protocol, Revegetation, Pantelleria, Mediterranean.

Received: Apr 05, 2006 - Accepted: Jan 01, 2007.

**Citation:** La Mantia T, Oddo G, Rühl J, Furnari G, Scalenghe R, 2007. Variazione degli stock di carbonio in seguito ai processi di abbandono dei coltivi: il caso studio dell'isola di Pantelleria (TP). Forest@ 4 (1): 102-109. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.

### Premessa

La riserva di carbonio (C) non è "statica" ma "dinamica": il suolo può funzionare sia da "source" sia da "sink"; il C totale evidenzia la risposta ai cambiamenti del clima, della vegetazione e al tempo che intercorre tra la fissazione del C dalle piante e il rilascio nell'atmosfera. La stima del carbonio fissato e della capacità di assorbimento nelle formazioni vegetali ha assunto, anche in dipendenza degli accordi internazionali sottoscritti dall'Italia, un crescente interesse ed è oggi una delle priorità della ricerca (Magnani &

Borghetti 1998, Borghetti et al. 2001). In particolare, la quantificazione del carbonio trattenuto dalla vegetazione mediterranea è difficile, a causa dell'alta eterogeneità delle formazioni anzidette ma anche per la mancanza di dati sulle specie che le compongono nonché di dati inventariali (Costa & La Mantia 2005). Una maggiore capacità di stimare il contributo delle formazioni mediterranee, soprattutto arbustive, diventa necessario in presenza di un forte processo di abbandono dei coltivi in vaste aree marginali del Mediterraneo (Bonet 2004). Alle quantità di carbonio

fissato dalla vegetazione che si insedia, in molti casi e per molteplici ragioni di tipo arbustiva e non arborea, vanno aggiunte quelle relative al suolo pur con evidenti e note difficoltà di quantificazione (Barbera et al. 1992, Borghetti et al. 2001). Tale difficoltà è legata al fatto che il flusso del C nel suolo dipende da più fattori ambientali, quali le condizioni climatiche, le proprietà fisiche e chimiche del suolo e la presenza di microrganismi che giocano un ruolo fondamentale nei processi di sintesi e decomposizione della sostanza organica e, quindi, nelle riserve di C nel suolo che risultano pertanto fortemente variabili nel Mediterraneo. Per queste ragioni, nonostante sia noto che in seguito ai processi di abbandono e quindi di rinaturalizzazione si verifichi un aumento del tenore di carbonio nel suolo, mancano numerose evidenze sperimentali soprattutto per le regioni mediterranee (Costa & La Mantia 2005).

L'isola di Pantelleria è un ottimo sito di studio per la dinamica del carbonio in seguito ai processi di abbandono perché, pur essendo stata popolata dall'uomo già nel neolitico, non ha mai avuto forme di agricoltura irrigua grazie alla fertilità dei suoli che ha sempre permesso, invece, l'agricoltura asciutta (grano, vite, olivo) a seguito di imponenti lavori di terrazzamento. La scelta di Pantelleria come aree di studio è motivata anche dal fatto che il pascolo è praticamente assente e gli incendi relativamente poco frequenti. Inoltre l'area di studio risponde alla necessità di iniziare a compiere rilievi nella parte meridionale

dell'emisfero nord oggi generalmente escluse da questo tipo di indagine (Schulze 2005).

## Metodologia

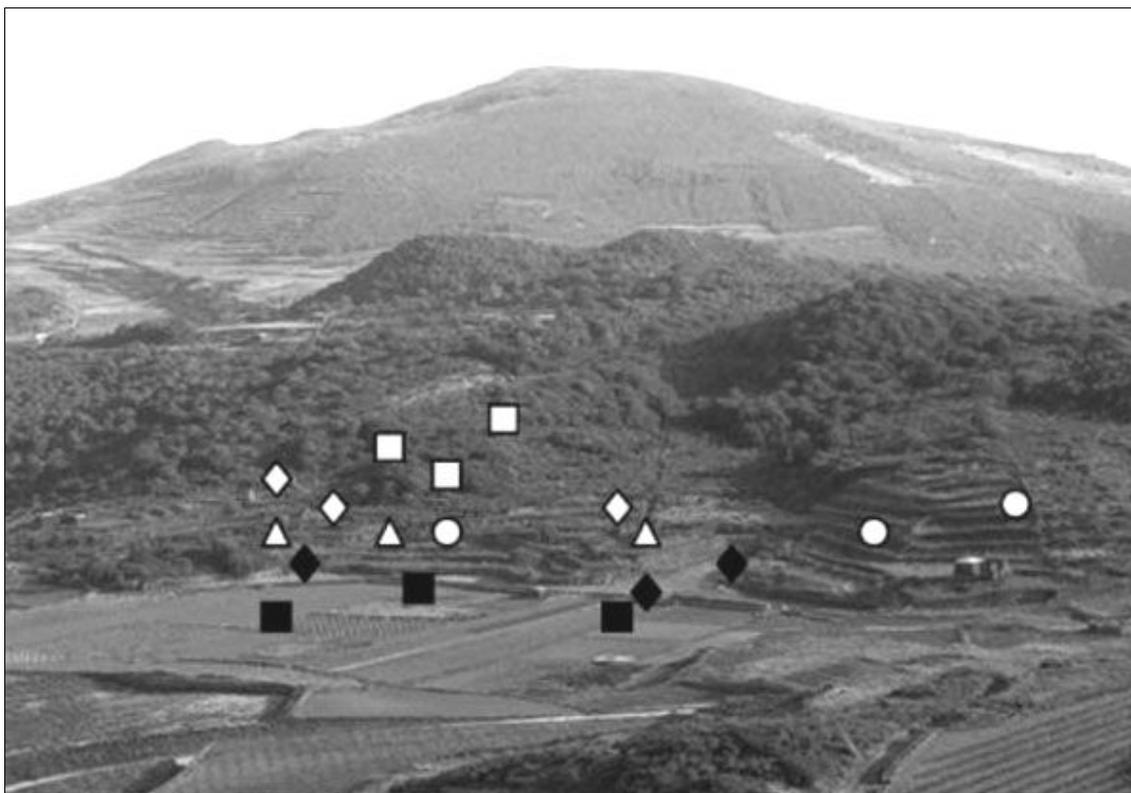
### Area di studio

L'isola di Pantelleria (83 km<sup>2</sup>; 36°44' N, 11°57' E) si trova nel Canale di Sicilia. Il clima dell'isola è di tipo mediterraneo, con precipitazioni medie annue di 409 mm e temperature medie mensili comprese tra 11.7 e 25.6 °C (Gianguzzi 1999). Il paesaggio vegetale ha subito antiche e grandi trasformazioni ad opera dell'uomo (Pasta & La Mantia 2003). Le rocce che costituiscono la superficie dell'isola sono per la maggior parte vulcaniti silicee a reazione acida (pantelleriti e trachiti), mentre su superfici minori si trovano basalti della serie alcalina con bassi contenuti di silice (Civetta et al. 1988). Nei terrazzamenti i suoli sono antropogenici (*Anthrosols*), mentre sul resto dell'isola superfici minori sono occupate da *Regosols* e alcuni *Cambisols*.

Dal 1929 al 2000, la superficie agricola utilizzata si è ridotta dall'80% ca. a ca. il 20% della intera superficie dell'isola (dati inediti degli autori). Questo fatto ha determinato un aumento della superficie occupata da formazioni pre-forestali e forestali, perché l'abbandono, a Pantelleria, determina abbastanza rapidamente un inizio dei processi di successione secondaria, ovvero l'arrivo di specie perenni erbacee e legnose negli ex-coltivi (Fig. 1).

**Fig. 1** - Una immagine di Pantelleria (TP), in cui sono evidenziate in grigio le aree abbandonate tra il 1955 e il 2000. Il cerchio indica l'area di studio.





**Fig. 2** - Localizzazione dell'area di studio e delle aree di sds0 (quadrati neri), sds1 (rombi neri), sds2 (cerchi bianchi), sds3 (rombi bianchi), sds4 (triangoli bianchi), sds5 (quadrati bianchi).

Per lo studio dei processi di rinaturalizzazione è stata scelta un'area di studio rappresentata da vigneti o cappereti terrazzati abbandonati su un unico versante esposto a Nord (località Serraglio); tutti si trovano nella fascia termomediterranea e sullo stesso substrato geologico. All'interno della suddetta area, in un range altitudinale inferiore ai 30 m, sono stati individuati 5 stadi di successione (sds) e un'area coltivata (Fig. 2) che presentano inoltre pendenza omogenea, data la presenza delle terrazze, e dunque considerabili nelle stesse condizioni ecologiche. Sono state scelte solo delle terrazze dove la vegetazione post-abbandono non è stata disturbata dal pascolo e/o dagli incendi (Rühl et al. 2005). Gli stadi di successione costituiscono le fasi della cronosequenza che, utilizzando lo spazio in funzione del tempo, ricostruisce ciò che è avvenuto successivamente all'abbandono. Lo sds0 corrisponde ai campi ancora coltivati, lo sds1 corrisponde ai campi che sono stati abbandonati 3-4 anni fa, lo sds2 ai campi abbandonati 5-6 anni fa, lo sds3 ai campi abbandonati 7-15 anni fa, lo sds4 ai campi abbandonati 16-30 anni fa, e lo sds5 ai campi abbandonati più di 30 anni fa. L'età degli ex-coltivi è stata stabilita aerofotogrammetricamente (voli 1954, 1968, 1979, 1987, 1992 e 2000). All'interno di ogni sds sono state individuate tre aree

di saggio (ads).

Per quanto riguarda la vegetazione presente, lungo la cronosequenza è possibile osservare la presenza di specie erbacee annuali in sds1, alle quali si aggiungono specie erbacee poliennali (*Hyparrhenia hirta* e *Andropogon distachyon*) in sds2; in sds3 fanno la loro comparsa le specie della macchia, il rovo (*Rubus ulmifolius*) e i cisti (*Cistus* sp. pl.). Questi ultimi diventano dominanti in sds4 mentre in sds5 la dominanza è delle specie della macchia (cfr. Rühl 2004). Il termine "specie della macchia" si riferisce alle entità floristiche più frequenti della macchia del piano termomediterraneo di Pantelleria: *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Erica multiflora*, *Quercus ilex*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia* e *P. latifolia*, *Daphne gnidium*, *Olea europea* var. *sylvestris*, *Euphorbia dendroides*, *Teline monspessulana*, *Asparagus acutifolius*, *Lonicera Implexa* e *Smilax aspera*.

#### Metodologia di prelievo dei campioni

I suoli delle 18 aree di saggio sono stati classificati come *Escalic Anthrosol* (IUSS Working Group WRB 2006). Di essi è stato effettuato un campionamento per profondità dell'orizzonte Ap mediante il prelievo di un volume noto di suolo per poter rilevare la quantità di carbonio presente nel primo cm, a 10 cm

**Tab. 1** - Carbonio presente nell'orizzonte Ap ( $t C ha^{-1}$ ) alle diverse profondità e, complessivamente, tra 0 e 40 cm con relativa deviazione standard. Il valore medio di densità del suolo rilevato è pari a  $1.1 kg dm^{-3}$ . La scala temporale è arbitrariamente il valore medio dell'intervallo osservato.

Stadio di successione	Anni successivi all'abbandono	1cm	10 cm	40 cm	0 - 40 cm
sds0	0	0.4	0.4	0.3	$13 \pm 0.9$
sds1	3.5	$1 \pm 0.1$	$0.9 \pm 0.1$	$0.9 \pm 0.6$	$36 \pm 18.1$
sds2	5.5	$3.1 \pm 0.8$	$1.1 \pm 0.2$	$0.9 \pm 0.1$	$41 \pm 5.7$
sds3	11	$2.8 \pm 1.5$	$0.9 \pm 0.3$	$0.8 \pm 0.2$	$35 \pm 9.9$
sds4	23	$3.5 \pm 0.7$	$1.4 \pm 0.3$	$0.7 \pm 0.2$	$37 \pm 1.9$
sds5	30	$9 \pm 1.8$	$3.7 \pm 1.4$	$1.4 \pm 0.5$	$85 \pm 21.1$

e a 40 cm del profilo. Tali profondità sono state scelte tenendo conto della scarsa profondità di tali suoli (all'incirca 50 cm) e del fatto che il contenuto in carbonio diminuisce all'aumentare della profondità.

A partire dallo stadio di successione in cui è presente la lettiera, sono stati inoltre effettuati dei prelievi dei residui vegetali presenti sulla superficie del suolo. Questi sono stati classificati e suddivisi in tre

orizzonti sulla base della classificazione proposta da Green et al. (1993), adattata per l'ambiente mediterraneo, in *new litter* (Ln) o residui indecomposti, *variative litter* (Lv) o parzialmente decomposti e ancora riconoscibili e *fermented* (Fm) totalmente indecomposti e irriconoscibili.

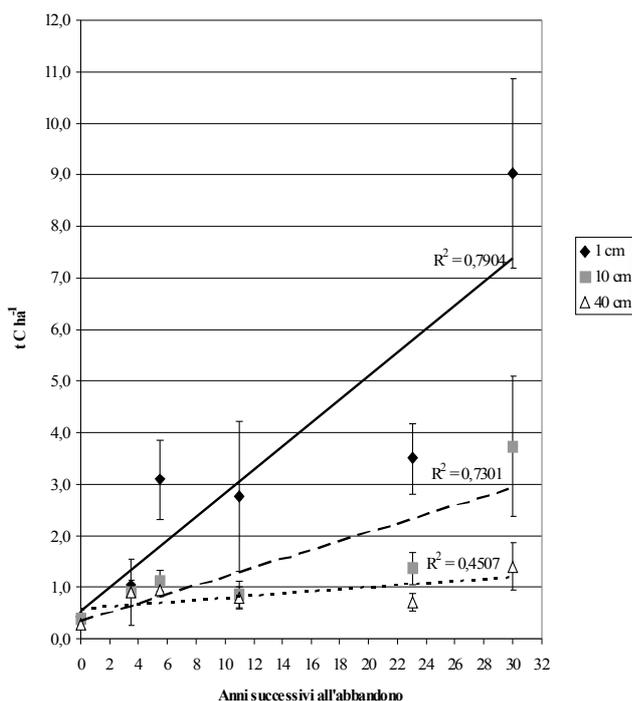
*Metodologia di laboratorio*

I campioni di suolo sono stati essiccati in luogo protetto a temperatura ambiente, ne è stato determinato il peso e la densità e successivamente si è provveduto alla frantumazione di eventuali aggregati e al setacciamento del campione con setaccio a maglie da 2 mm, in modo tale da separare la terra fine dallo scheletro. La determinazione del carbonio organico è stata effettuata seguendo il metodo di ossidazione ad umido.

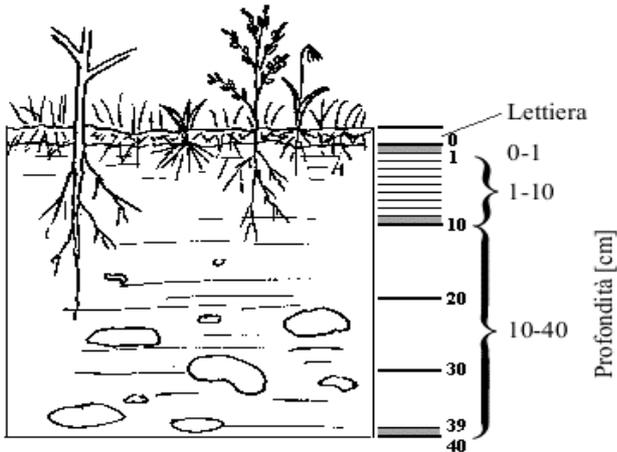
I campioni di lettiera sono stati anch'essi essiccati e il loro peso è stato registrato per determinare la densità della lettiera stessa; successivamente i campioni sono stati macinati mediante mulino e sottoposti all'analisi del carbonio organico secondo il metodo già usato per i campioni di suolo.

**Risultati e discussione**

I valori di carbonio organico aumentano passando da sds0 ad sds5; in particolare in sds1 è possibile osservare dei valori di C pari al doppio rispetto a quelli osservabili lungo tutti i profili relativi alle aree di saggio di sds0. Da ciò si deduce che dopo soli 3-4 anni dall'abbandono il suolo è in grado quasi di triplicare la presenza di C al suo interno (Tab. 1); questo può essere in parte spiegato se si considerano gli apporti di residui organici delle erbe annuali le quali si avvantaggiano enormemente delle pratiche di fertilizzazione e aratura compiute fino a poco tempo prima; esse infatti contribuiscono a lasciare un'ottima struttura e una notevole disponibilità di nutrienti che consentono una rapida colonizzazione delle erbe



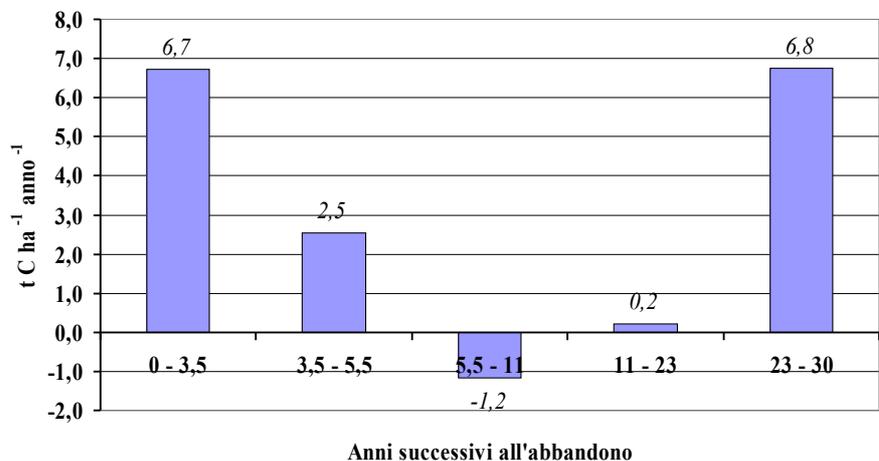
**Fig. 3** - Carbonio presente nel primo centimetro (rombi neri), a 10 centimetri (quadrati grigi) e a 40 centimetri (triangoli bianchi) di profondità dell'orizzonte Ap dell' *Escalric Anthrosol* ( $t C ha^{-1}$ ) nella cronosequenza. Le linee rappresentano la funzione lineare che descrive il C accumulato nel tempo di abbandono, a destra i rispettivi coefficienti di determinazione. Le barre verticali indicano la deviazione standard dei valori osservati.



**Fig. 4** - Schema del profilo del suolo e suddivisione nei tre strati 0-1 cm, 1-10 cm e 10-40 cm. In grigio è evidenziato il cm in cui è stato effettuato il prelievo.

(Rühl 2004). I valori di C lungo la cronosequenza seguono un andamento lineare nel primo cm e a 10 cm (Fig. 3), mentre a 40 cm, tra sds2 ed sds4, si assiste una progressiva diminuzione del C. Tale andamento ricalca quanto osservato nelle aree di saggio: la presenza o, meglio, la dominanza dei cisti è caratterizzata nel suolo sottostante da una discontinuità tra la lettiera (in cui manca o è di difficile individuazione, dato il suo esiguo spessore, l'orizzonte Fm), un orizzonte organico di spessore ridotto e il restante strato minerale sottostante; manca cioè quella gradualità che permette la decomposizione e successiva humificazione dei residui vegetali resa palese da un orizzonte organico ben sviluppato. Questo fatto sembra confermare quanto riportato nello studio di Pardini et al. (2004) dove si sottolinea come la copertura a *Cistus monspeliensis* sia uno stadio intermedio di piante la cui presenza è legata alla frequenza degli incendi con un contributo, in termini di evoluzione degli orizzonti del suolo, minore rispetto ad altre

**Fig. 5** - Carbonio nel suolo ( $t C ha^{-1} anno^{-1}$ ) da 0 a 40 cm di profondità negli intervalli temporali che costituiscono la cronosequenza.

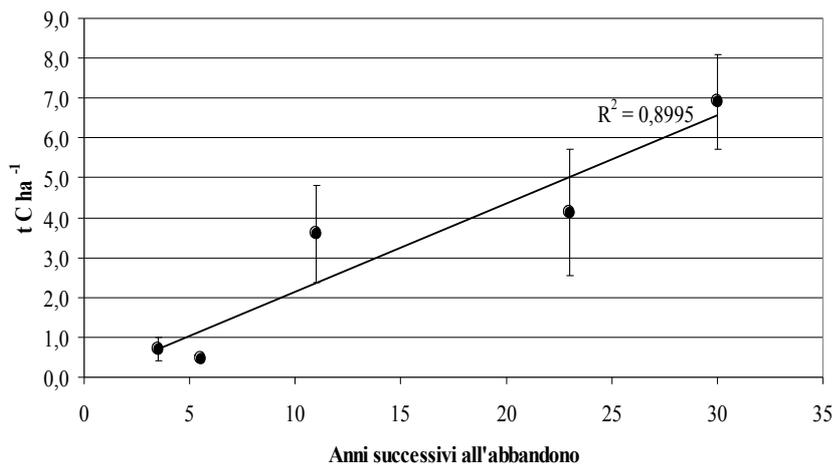


specie.

Il C subisce infine un nuovo raddoppiamento nelle quantità presenti tra i 23 e i 30 anni successivi l'abbandono; l'affermazione nella successione delle specie della macchia che avviene tra sds4 ed sds5 (Rühl 2004) e dunque l'aumento dei residui organici e le mutate condizioni microclimatiche, dovute ad una maggiore copertura, sembrerebbero favorire migliori processi di humificazione e quindi un migliore incorporamento della sostanza organica nel suolo. Ciò sembra confermare le conclusioni alle quali giungono Post & Know (2000) che indicano tra i principali fattori e processi che determinano la direzione e il tasso di accumulo del C nel suolo: l'aumento degli input di sostanza organica, i cambiamenti nel grado di degradabilità degli stessi e la protezione fisica fornita dalla formazione di complessi organo-minerali e dunque di micro- e macroaggregati.

Nel primo cm di suolo è possibile osservare un aumento di circa 3 volte del tenore in carbonio tra sds1 ed sds2 che successivamente, così come avviene a maggiore profondità, tende a stabilizzarsi negli anni a seguire, per raddoppiare nuovamente tra sds4 ed sds5.

Suddividendo il profilo del suolo in tre strati: 0-1 cm, 1-10 cm e 10-40 cm possiamo calcolare il contenuto di C presente nel profilo fino a 40 cm (Fig. 4). Si può così rilevare come passando da sds0 ad sds5 il contenuto in C del suolo passa nell'arco di 30 anni nella cronosequenza da  $13 t ha^{-1}$  ad  $85 t ha^{-1}$ , cioè aumenta di circa 6 volte e mezzo (Tab. 1). Tale valore confermerebbe quanto riportato da Bottner et al. (1995) secondo i quali nelle regioni della fascia temperato-calda, inclusa l'area del Mediterraneo, la densità del carbonio nel suolo è circa pari a  $80-100 t ha^{-1}$ . I passi della cronosequenza maggiormente significativi risultano il passaggio da sds0 a sds1 e da sds4 a sds5 (Fig. 5).



**Fig. 6** - Carbonio presente nella lettiera ( $t C ha^{-1}$ ) nei diversi stadi di successione. La scala temporale è arbitrariamente il valore medio dell'intervallo osservato. La linea rappresenta la funzione che descrive il C accumulato nel tempo di abbandono con il rispettivo coefficiente di determinazione. Le barre indicano la deviazione standard dei valori rilevati.

La lettiera nel corso degli anni mostra un aumento della quantità presente per unità di superficie con la progressiva distinzione di orizzonti differenziati Ln, Lv ed Fm; si osserva nel tempo un incremento statisticamente significativo e dopo 30 anni nella cronosequenza, in sds5, sono state rilevate circa  $7 t C ha^{-1}$  (Fig. 6).

### Conclusioni e prospettive per la ricerca

Nel passaggio tra sds0 ed sds1 (da coltivo ad abbandonato con erbe annuali) da sds2 ad sds3 (da erbe annuali e perenni a rovo, cisti e *specie della macchia*) e da sds4 a sds5 (da cisteto a *specie della macchia*) c'è un notevole cambiamento negli apporti di materia organica riconducibili ad una differente tipologia di vegetazione; confrontando tale andamento con quello del C nel suolo si può osservare come mentre nel passaggio da sds0 ad sds1 e da sds4 ad sds5 ci sia un corrispondente aumento del carbonio nel suolo, tra sds2 ed sds3, nonostante un notevole cambiamento nella quantità di lettiera presente, ci sia anzi una diminuzione del C nel suolo che confermerebbe quanto detto riguardo il contributo dei residui dei cisti.

Al di là della cronosequenza, supponendo per ciascuno degli stadi di successione un accumulo di carbonio costante nel tempo, si può affermare come essi mostrino un tasso di accumulo medio annuo di C nel suolo pari a  $3.4 t C ha^{-1}$ . In media le foreste europee sequestrano  $1.2 t C ha^{-1}$  di cui circa il 70% in biomassa e il 30% in lettiera e suolo (Janssens et al. 2005): il potenziale contributo offerto dal suolo nei processi di rinaturalizzazione nello sviluppo di nuovi sinks di C (quanti-qualitativamente significativi) che permettano una riduzione dell'anidride carbonica atmosferica appare davvero notevole. Naturalmente questa è una stima che presenta dei limiti: dopo questi dati

preliminari si rende necessaria una più precisa quantificazione delle quantità di C presenti nel suolo nell'ambito delle successioni secondarie e dei processi di rivegetazione mediante misure in condizioni ecologiche, pedologiche e vegetazionali differenti che puntino a definire anche l'influenza di ciascun fattore, prendendo in considerazione la longevità e il tasso di ricambio del pool di carbonio del suolo come già evidenziato da altri studi (Scarascia-Mugnozza et al. 2001). I valori ricavati inoltre, derivano da una cronosequenza di soli 30 anni che dunque non tiene conto in dettaglio dei tassi di accumulo degli anni successivi; Brown & Lugo (1990) in zone subtropicali descrivono la relazione esistente tra l'età di una successione secondaria e il carbonio accumulato nel suolo e affermano che dopo 50 anni il carbonio presente è pari a quello di una formazione matura, dimostrando la capacità di recupero del sistema.

Il fenomeno dell'abbandono assume, nei paesi occidentali, aspetti in termini quantitativi rilevanti. Per l'Italia, Vianello (2002) scrive: "Dal 1950, la SAU è calata di ca. 5 milioni di ettari; di questi il 25% è stato sostituito dal bosco, il 40% è divenuto incolto produttivo ed il 35% risulta superficie improduttiva. Nell'arco di 50 anni più di 2 milioni di ettari sono divenuti incolti per abbandono o perché interessati da fenomeni di dissesto idrogeologico ed altrettanti sono stati resi improduttivi dall'urbanizzazione delle relative infrastrutture". Secondo il *Global Forest Resources Assessment* (FAO 2005) l'Italia è il quinto paese al mondo per incremento della superficie forestale nel periodo 2000-2005 con un patrimonio forestale di quasi 10 milioni di ha e una superficie pari a 1 milione di ha di *altre terre boscate* (anch'essa in crescita nel periodo 2000 - 2005) in cui rientrano le formazioni a macchia. La categoria "*altra terra boscata*" è intesa come un'area non classificata come foresta, che si estende per più di 0.5 ha; con al-

beri più alti di 5 m e un grado di copertura della chioma compreso tra il 5 e il 10% o alberi in grado di raggiungere questi livelli in situ; o con arbusti, cespugli e alberi con un grado di copertura superiore al 10%.

La valutazione della dinamica del carbonio nel suolo in seguito ai processi di abbandono assume, quindi, anche alla luce dell'importanza che può avere nella valutazione complessivamente giocata da ciascun paese, un estremo interesse. All'interno degli accordi di Marrakesh si consideri che viene così definita la rivegetazione: "*Revegetation is a direct human-induced activity to increase carbon stocks on sites through the establishment of vegetation that covers a minimum area of 0.05 hectares and does not meet the definitions of afforestation and reforestation*" (UNFCCC 2001). La rivegetazione è considerata quindi come un'azione antropica volta ad aumentare gli stock di carbonio in un sito, mediante la realizzazione di una copertura vegetale su un'area minima di 0.05 ettari e che non rientri nelle definizioni di afforestazione e riforestazione. L'azione di tutela attiva dagli incendi e dal pascolo potrebbe quindi configurarsi come una azione diretta di rivegetazione nelle condizioni mediterranee dove anzi l'intervento di forestazione "classico" può apportare squilibri ambientali quali la perdita di biodiversità e di sostanza organica (La Mantia & Pasta 2001, La Mantia 2002). L'approccio, a scala territoriale, dovrebbe essere quello di far propria l'efficace "analogia della spugna" messa a punto recentemente da Janssens et al. (2005) che individuano tre livelli di politiche di gestione: a) "*assicurare che i pori che stanno attualmente assorbendo, continuino a farlo...*"; b) "*ridurre le perdite di C...*"; c) "*ridurre la pressione sui pori che ne sono quasi saturi...*". La rinaturalizzazione si inserisce e amplia le possibilità previste da Janssens e Colleghi, infatti, boschi, ma soprattutto macchie di neoformazione, allargano i pori di questa spugna, aumentando le possibilità di assorbimento del carbonio, ma vanno tutelati soprattutto dagli incendi (e probabilmente dal pascolo) che come accertato, proprio in suoli terrazzati mediterranei, possono determinare gravi processi erosivi e di degradazione del suolo dovuti alla perdita di sostanza organica, della copertura vegetale e al cambiamento delle proprietà fisico-chimiche del suolo (Pardini et al. 2004). La rivegetazione non può comunque considerarsi come l'obiettivo da perseguire a tutti i costi, la tutela di un paesaggio straordinario come quello di Pantelleria è anch'esso una priorità (Barbera & La Mantia 1998) tenuto conto della inevitabile ricaduta che ha sull'economia dell'Isola. Ancora una volta la

pianificazione dovrebbe svolgere un ruolo preminente.

## Ringraziamenti

Lo studio è stato svolto nell'ambito del "Progetto RI.SELV.ITALIA - Sottoprogetto 4.1: Inventario e monitoraggio delle risorse e degli ambienti forestali". Un sentito ringraziamento all'anonimo revisore che con i propri suggerimenti ha contribuito ad una migliore interpretazione e commento dei dati nonché alla redazione dell'articolo.

## Bibliografia

- Barbera G, La Mantia T (1998). Sistema agricolo e paesaggio nell'Isola di Pantelleria. *Italus Hortus* V: 23-28.
- Barbera G, La Mantia T, Silvestrini G (1992). The role of Italian agro-forestry system in controlling the carbon dioxide and methane balance in the atmosphere. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Renewable Energy Congress* reading, UK, 13-18 settembre 1992, Vol. 5, pp. 2953-2958.
- Bonet A (2004). Secondary succession of semi-arid Mediterranean old-fields in south-eastern Spain: insights for conservation and restoration of degraded lands. *J. Arid Environ.* 56: 213-233.
- Borghetti M, Magnani F, Mugnozza GS, Valentini R (2001). Valutazione del ruolo delle foreste italiane nell'assorbimento dell'anidride carbonica. *ISAF-Comunicazioni di Ricerca* 2: 85-91.
- Bottner P, Couteaux MM, Vallejo VR (1995). Soil organic matter in Mediterranean-type ecosystems and global climatic changes: a case study - the soils of Mediterranean basin. In "*Global change and Mediterranean-type Ecosystem*" (Moreno JM, Oechel WC eds). *Ecological Studies* 117, Springer, New York, NY, pp. 306-325.
- Brown S, Lugo AE (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Island. *Plant and Soil* 124: 53-64.
- Civetta L, Cornette Y, Gillot PY, Orsi G (1988). The eruptive history of Pantelleria (Sicily Channel) in the last 50 ka. *Bulletin of Volcanology* 50: 47-57.
- Costa G, La Mantia T (2005). Il ruolo della macchia mediterranea nello stoccaggio del carbonio atmosferico. *Foresta@* 2 (4): 378-387.
- FAO (2005). *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO Forestry Paper 147, pp. 350.
- Gianguzzi L (1999). Vegetazione e bioclimatologia dell'isola di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Braun-Blanquetia* 22: 1-70 + 1 carta (scala 1:20.000).
- Green RN, Trowbridge RL, Klinka K (1993). Towards a taxonomic classification of humus forms. *Scientia Silvicola, Forest Science Monograph* 29: 1-48.

- IUSS, Working group WRB (2006). World reference base for soil resources 2006 (2<sup>nd</sup> edition). World Soil Resources Reports No 103, FAO, Rome, Italy.
- Janssens IA, Freibauer A, Schlamadinger B, Ceulemans R, Ciais P, Dolmen AJ, Heimann M, Nabuurs GJ, Smith P, Valentini R, Schulze ED (2005). The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale - a European case study. *Biogeosciences* 2: 15-26.
- La Mantia T (2002). L'arboricoltura da legno nel paesaggio siciliano. *Quaderni IAED* 15: 135-153.
- La Mantia T, Pasta S (2001). La rinaturalizzazione dei rimboschimenti: proposte metodologiche e ipotesi di intervento nella Riserva Naturale "Grotta di Santa Ninfa". *Naturalista Siciliano S. IV, XXV*: 299-323.
- Magnani F, Borghetti M (1998). Foreste europee e cambiamenti climatici: obiettivi per la ricerca dopo Kyoto. *Monti e Boschi* 5: 5-8.
- Pardini G, Gispert M, Dunjò G, Pardini G (2004). Relative influence of wildfire on soil properties and erosion processes in different Mediterranean environments in NE Spain. *Science of the Total Environment* 328: 237-246.
- Pasta S, La Mantia T (2003). Note sul paesaggio vegetale delle isole minori circumsiciliane. II. La vegetazione preforestale e forestale nelle isole del Canale di Sicilia: dalla ricostruzione storica alla gestione futura. *Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali LI*: 77-124.
- Post WM, Knowlton KC (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6: 317-327.
- Rühl J (2004). Analisi dei processi di rinaturalizzazione nei vigneti e cappereti abbandonati del paesaggio terrazzato di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Naturalista Siciliano S. IV, XXVIII* (3-4): 1125-1146.
- Rühl J, Pasta S, La Mantia T (2005). Metodologia per lo studio delle successioni secondarie in ex-coltivi terrazzati: Il caso studio di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Forest@* 2 (4): 388-398. [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>
- Scarascia-Mugnozza G, Matteucci G, Hajny M, Montagnani L, Masci A (2001). Gestione forestale sostenibile e carbonio organico nei suoli in ambiente mediterraneo: inquadramento del problema e aspetti metodologici per una ricerca nel territorio del parco nazionale della Calabria. *L'Italia forestale e montana* 5: 333-343.
- Schulze DE (2005). Biological control of the terrestrial carbon sink. *Biogeosciences Discussions* 2: 1283-1329.
- UNFCCC (2001). Report of the conference of the parties on its seventh session, held at Marrakesh. United Nations Framework on Climate Change. [online] URL: <http://unfccc.int/cop7>
- Vianello G (2002). Uso del suolo. In: "Italia. Atlante dei tipi geografici". Istituto Geografico Militare, Firenze, pp. 396-400.