

## Osservazioni su legni carbonizzati artificialmente

M. R. BARONE LUMAGA<sup>1</sup>, G. IOVINO<sup>2</sup>, A. MORETTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Orto Botanico, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Foria 223, 80139 Napoli, Italia; <sup>2</sup>Via Vesuvio 134, 80040 Trecase (NA), Italia; <sup>3</sup>Dipartimento delle Scienze Biologiche, Sezione di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Foria 223, 80139 Napoli, Italia.  
mrbarone@unina.it

**Riassunto.** Viene descritta la preparazione di campioni di legni carbonizzati artificialmente. Tale procedura, in assenza di variabili ambientali che influiscono sul processo di carbonizzazione naturale, permette di valutare in condizioni controllate le variazioni microscopiche che intervengono nel processo di combustione.

**Abstract.** Artificial preparation of carbonized wood is described. In absence of natural environmental variables affecting the carbonization process, the proposed procedure allows to evaluate under controlled conditions the microscopic changes due to the combustion process.

**Key words:** Archaeobotany, Carbonization, Paleobotany, Wood

### INTRODUZIONE

La combustione è un processo necrolitico dei legni che gioca un importante ruolo ecologico, dato che gli incendi si realizzano frequentemente in natura (RAFFI & SERPAGLI 1993).

La combustione può essere completa o incompleta. Quest'ultima determina la trasformazione delle pareti delle cellule vegetali in carbonio quasi puro (RAFFI & SERPAGLI 1993), rendendole inattaccabili dai batteri e conferendo loro una rigidità che permette il mantenimento della struttura cellulare anche a livello microscopico.

Nel caso di parti lignee di organismi arborei o arbustivi carbonizzati si ha il mantenimento delle microstrutture cave, come i lumi degli elementi vasali o delle tracheidi. Queste possono essere riempite nei processi diagenetici da materiali di diversa natura, da bitume a minerali quali calcite o silice, la cui resistenza consente il permanere nel tempo di questi resti vegetali che vanno incontro al processo di fossilizzazione; si arriva allora alla formazione dei "carboni di legna naturali fossili", i *fusain* (RAFFI & SERPAGLI 1993).

Innumerevoli piccoli frammenti di resti vegetali sono stati conservati mediante questo processo nei sedimenti che vanno dal Devoniano, con la comparsa delle progimnosperme, piante che producevano spore ed erano caratterizzate da presenza di xilema secondario (STEWART & ROTHWELL 1993; TAYLOR & TAYLOR 1993), all'Attuale, permettendo lo studio micromorfologico delle strutture lignee in condizioni quasi perfette di conservazione delle caratteristiche microscopiche. Dal Pleistocene terminale in poi si notano anche carboni o *fusain* artificiali prodotti dai fuochi dell'uomo (RAFFI & SERPAGLI 1993).

I residui carbonizzati sono la fonte più comune di materiale vegetale analizzabile negli scavi archeologici. La carbonizzazione avviene per effetto dell'esposizione alle alte temperature associate ai fuochi. I residui carbonizzati si conservano anche in condizioni di elevata umidità, normalmente associati a rapida degradazione dei composti organici. I residui carbonizzati in contesti archeologici non si possono considerare prodotti di carbonizzazione geologica (veri fossili), ma reperti subfossili (ZOHARY & HOPF 1988).

La creazione di xiloteche di *fusain* acquista

il suo maggior senso nel raffronto dei campioni realizzati artificialmente con legni fossili derivati da scavi archeologici, siano essi relativi all'uomo e alla sua attività o relativi a nuove tafocenosi di cui capire l'organizzazione e le interazioni vigenti in quel sistema (PEARSALL 1989).

Si è deciso, quindi, col presente lavoro, di realizzare *fusain* artificiali di specie legnose identificate a priori, in modo che la certezza nella classificazione dei campioni permettesse di stabilire ulteriori parametri microscopici di riferimento utili per effettuare confronti con legni naturali fossili.

#### MATERIALI E METODI

*Le specie utilizzate.* La scelta delle entità da studiare è caduta su dieci specie (Tab. 1), quattro conifere e sei angiosperme (JUDD *et al.* 2002), che potessero avere particolare rilevanza in ricerche di paleobotanica od archeobotanica perché diffuse o introdotte dall'uomo da epoche remote in Europa e/o nel bacino mediterraneo (PIGNATTI 1982). Inoltre si è tenuto conto dell'utilizzo del loro legno nelle attività umane nella realizzazione di manufatti o come combustibile (JASHEMSKI *et al.* 2002).

Tab. 1 – Lista delle specie esaminate

---

<i>Abies</i> sp. Miller (Pinaceae)
<i>Pinus pinea</i> L. (Pinaceae)
<i>Cupressus sempervirens</i> L. (Cupressaceae)
<i>Taxus baccata</i> L. (Taxaceae)
<i>Juglans regia</i> L. (Juglandaceae)
<i>Castanea sativa</i> Miller (Fagaceae)
<i>Quercus ilex</i> L. (Fagaceae)
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl. (Fagaceae)
<i>Quercus suber</i> L. (Fagaceae)
<i>Prunus cerasus</i> L. (Rosaceae)

---

*Procedura della carbonizzazione artificiale.* Per rendere massima la possibilità di comparazione dei campioni in studio e minimizzare l'effetto di fattori ambientali e di variabilità intraspecifica si è operato realizzando campioni non trattati e carbonizzati a partire dallo stesso ramo.

I rami utilizzati per la realizzazione dei

campioni sono stati raccolti da piante coltivate nell'Orto Botanico di Napoli, ad eccezione dei campioni di *Cupressus sempervirens*, raccolti nel parco archeologico di Cuma (Napoli).

I campioni sono stati lasciati ad essiccare per circa due settimane; sono stati quindi privati della corteccia e squadrati, per poi essere tagliati in pezzi omogenei di 6-7 cm di lunghezza per 2-2,5 cm di diametro. Per ogni specie i campioni sono stati realizzati in doppia serie.

Si è quindi passati alla fase di carbonizzazione per la realizzazione dei *fusain* artificiali. A tal fine, una serie di campioni delle diverse essenze sono stati impacchettati con carta d'alluminio e posti in una fornace.

Per permettere il riconoscimento dei campioni a combustione avvenuta, gli involucri di alluminio sono stati numerati e si è proceduto a tracciare un diagramma secondo l'ordine in cui sono stati introdotti nel forno.

I campioni sono stati disposti su uno strato di brace e ricoperti con un ulteriore strato di carbone acceso, in modo da simulare le condizioni in cui la formazione di *fusain* è legata ad esplosioni o a colate di materiale vulcanico (PEARSALL 1989). Un'abbondante copertura dei campioni con carbone acceso serve anche a ridurre il tenore di ossigeno al livello della carbonizzazione, come evidenziato da PEARSALL (1989).

A una temperatura di circa 200-300 °C, un campione di legno di piccole dimensioni impiega 30-60 min per carbonizzare.

*Esame dei campioni.* Sezioni mostranti le superfici trasversali dei campioni non trattati e carbonizzati sono stati osservati con uno stereo-microscopio Nikon SMZ-2T e fotografati con un sistema digitale di raccolta delle immagini Nikon-Digital Fight DS-L1.

Segmenti equivalenti sono stati montati su stub, metallizzati con uno spessore di circa 30 nm di oro e osservati utilizzando un microscopio elettronico a scansione FEI Quantas 200 ESEM.

Quali test di raffronto per le caratteristiche micromorfologiche osservate sono stati utilizzati GIFFORD & FOSTER (1989), METCALFE & CHALK (1983) e SCHWEINGRUBER (1990).

## OSSERVAZIONI

### *Abies* sp.

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è più o meno regolare. I limiti degli anelli di crescita sono cospicui. La transizione dal legno primaverile al legno autunnale varia da graduale a brusco. È ben evidente il legno di chiusura. I canali della resina non sono visibili. La superficie interna delle tracheidi presenta irregolari ispessimenti circolari. (Fig. 1a, c).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. Le tracheidi ed i raggi parenchimatici risultano ben visibili. Presenta fusione delle pareti, leggero aumento del lume delle tracheidi e riduzione dello spessore delle pareti (da circa 3  $\mu\text{m}$  nel materiale non trattato a circa 1,9  $\mu\text{m}$  nel campione carbonizzato). La superficie interna delle tracheidi è perfettamente liscia. (Fig. 1b, d).

### *Pinus pinea*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è regolare. La transizione dal legno primaverile a quello autunnale varia da distinto a indistinto. Il legno di chiusura è poco visibile. I canali della resina sono ben visibili. La superficie del campione è abbondantemente ricoperto di ife fungine. La superficie interna delle tracheidi presenta ispessimenti a spirale. Il lume delle tracheidi varia da 12 a 22  $\mu\text{m}$ . (Fig. 1e, g).

*Legno trattato.* La superficie di frattura presenta andamento da regolare a irregolare. Le tracheidi e i canali resiniferi sono ben visibili. Presenta una limitata variazione dello spessore delle pareti nella transizione tra legno primaverile ed autunnale. Il lume delle tracheidi risulta leggermente ridotto. Presenta fusione delle pareti e riduzione dello spessore. Sulla superficie interna delle tracheidi restano ben visibili gli ispessimenti a spirale, probabilmente responsabili della dentellatura che caratterizza le linee di frattura delle pareti carbonizzate. Il lume delle tracheidi varia da 18 a 30  $\mu\text{m}$ . (Fig. 1f, g).

### *Cupressus sempervirens*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è irregolare. La transizione dal legno primaverile a quello autunnale è graduale. Il legno di

chiusura è mediamente evidente. Non presenta i canali della resina. Sono ben visibili i raggi parenchimatici di colore scuro. (Fig. 2a).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. Il limite degli anelli di crescita è spesso marcato da profonde spaccature. Sono visibili i raggi parenchimatici. Sono occasionalmente visibili ampie lacune, probabilmente dovute al collasso delle pareti contigue. Le pareti degli elementi xilematici adiacenti si presentano fuse formando un reticolo compatto. La superficie interna delle tracheidi presenta irregolari ispessimenti circolari. (Fig. 2b, c, d).

### *Taxus baccata*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è irregolare. La transizione dal legno primaverile a quello autunnale varia da graduale a brusco. È ben evidente il legno di chiusura. Non sono presenti i canali della resina. (Fig. 2e).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. Sono ben visibili il legno di chiusura ed i raggi parenchimatici. Il lume delle tracheidi non presenta modificazioni. Le pareti degli elementi xilematici adiacenti si presentano fuse formando un reticolo compatto. (Fig. 2f, g, h).

### *Juglans regia*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è regolare. Il legno è semianulato. I pori sono solitari o in file radiali di 2-4 cellule a volte riuniti in gruppi o catene. Il parenchima paratracheale è scarso. Il parenchima apotracheale è presente in bande. I raggi midollari sono ben visibili. Il legno di chiusura è mediamente evidente. (Fig. 3a, b).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. I raggi midollari sono ben visibili. Il lume dei vasi sembra aver subito una moderata contrazione. Sono occasionalmente visibili lacune per il probabile collasso delle pareti contigue degli elementi xilematici; tali pareti sono fuse. Le pareti dei vasi mantengono parziale indipendenza dal reticolo costituito dalle fibre. (Fig. 3c, d).

### *Castanea sativa*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è

regolare. Il legno è anulato. I pori si presentano in file oblique o con andamento dendritico. Il parenchima paratracheale è scarso. Il legno di chiusura è mediamente evidente. I raggi midollari sono ben visibili. (Fig. 3e, h).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. Sono visibili profonde spaccature sulle direttrici dei raggi parenchimatici e sul limite degli anelli di crescita. I raggi parenchimatici risultano distorti. Le pareti degli elementi xilematici sono fuse. (Fig. 3f, g).

#### *Quercus ilex*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è regolare. Il legno è a porosità diffusa. I pori nel legno primaverile si presentano in file radiali; nel legno autunnale sono solitari o con andamento radiale. È presente parenchima paratracheale e, in bande tangenziali, il parenchima apotracheale. Il legno di chiusura è scarsamente evidente. I raggi midollari sono mediamente visibili. (Fig. 4a, c).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento più o meno regolare. È scarsamente visibile il legno di chiusura. Si osserva aumento della dimensione dei pori e riduzione dello spessore delle pareti. (Fig. 4b, d).

#### *Quercus petraea*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è regolare. Si osserva porosità anulata diffusa, con pori riuniti in gruppi o catene ad andamento dendritico-radiale e di dimensioni eterogenee. Sono presenti il parenchima apotracheale, in bande diagonali e tangenziali, e il parenchima paratracheale. Il legno di chiusura è marcato da bande di pori di piccole dimensioni, strettamente affiancati. I raggi midollari sono ben visibili. (Fig. 4e, g).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. I raggi midollari sono ben visibili. Il lume dei pori subisce un lieve aumento della dimensione. (Fig. 4f, h).

#### *Quercus suber*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è regolare. Il legno è semi-anulato. I pori nel legno primaverile hanno andamento radiale-dendritico, nel legno autunnale sono solitari o

con andamento radiale. È presente il parenchima apotracheale e paratracheale. Il legno di chiusura è scarsamente evidente. I raggi midollari sono ben visibili. (Fig. 5a, c).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento più o meno regolare. I raggi midollari e gli elementi vasali sono ben visibili. Il campione si sfalda secondo linee radiali. È osservabile un moderato aumento del lume dei vasi e una moderata riduzione dello spessore delle pareti (da circa 4,8  $\mu\text{m}$  nel materiale non trattato a circa 3,2  $\mu\text{m}$  nel campione carbonizzato). (Fig. 5b, d).

#### *Prunus cerasus*

*Legno non trattato.* La superficie di taglio è più o meno regolare. Il legno varia da diffuso ad anulato. I pori nel legno primaverile hanno andamento radiale con bande tangenziali; nel legno autunnale appaiono solitari o con andamento radiale. È presente parenchima apotracheale. Il legno di chiusura è più o meno evidente. I raggi midollari sono ben visibili. (Fig. 5e, g).

*Legno trattato.* La superficie di frattura ha andamento regolare. I raggi midollari sono ben visibili. Si osserva un aumento moderato della dimensione dei pori. Lo spessore delle pareti è ridotto (da circa 3,5  $\mu\text{m}$  nel materiale non trattato a circa 2,3  $\mu\text{m}$  nel campione carbonizzato). Il campione appare sfaldato secondo linee radiali e tangenziali. Rimangono visibili i limiti degli anelli di crescita. (Fig. 5f, h).

## CONCLUSIONI

L'osservazione allo stereomicroscopio e al SEM dei campioni carbonizzati ha permesso di evidenziare comportamenti differenziali alla combustione dei vari elementi cellulari che compongono lo xilema delle conifere e delle angiosperme nelle entità studiate.

In tutti i campioni si evidenzia la riduzione dello spessore delle pareti degli elementi conduttori nel carbonizzato rispetto ai campioni non trattati. Le pareti degli elementi vascolari e parenchimatici risultano completamente fusi creando una rete tridimensionale che contrasegna tutto il preparato.

Nell'ambito delle conifere, in *Pinus pinea*

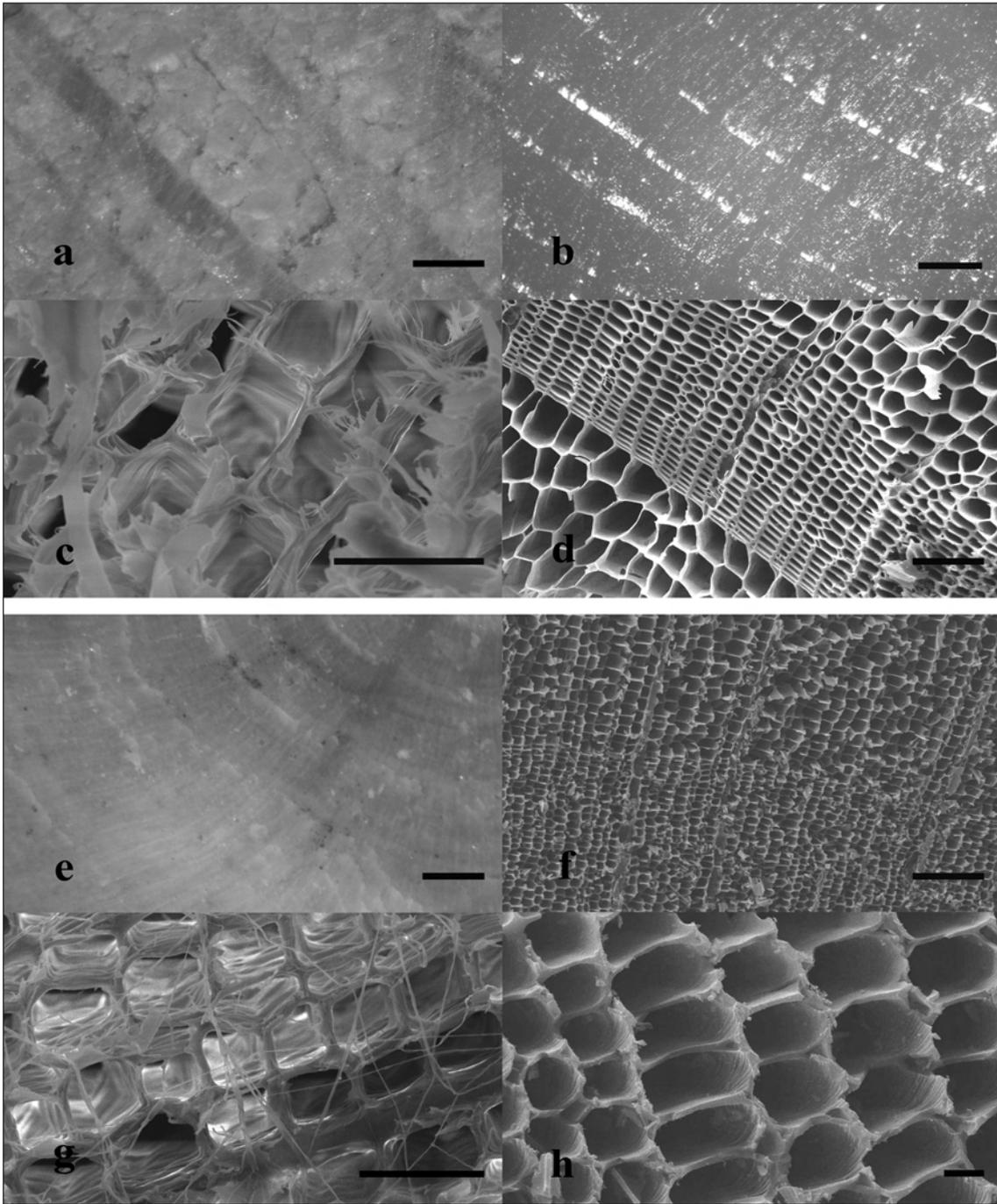


Fig. 1 - **a-d**. Sezioni trasversali di legno di *Abies* sp.: legno non trattato (**a, c**) e legno carbonizzato (**b, d**). **e-h**. Sezioni trasversali di legno di *Pinus pinea*: legno non trattato (**e, g**) e legno carbonizzato (**f, h**). La barra corrisponde a 1 mm in **a, e**; a 300  $\mu\text{m}$  in **b**; a 100  $\mu\text{m}$  in **d, f**; a 50  $\mu\text{m}$  in **c, g**; a 10  $\mu\text{m}$  in **h**.

si è evidenziata la presenza di una dentellatura che contraddistingue la superficie di frattura del legno carbonizzato, non rilevata nei legni delle altre conifere studiate. Tale caratteristica può essere utile per il riconoscimento di frammenti di legno carbonizzato tanto piccoli da

non includere tutti gli elementi strutturali necessari al riconoscimento del genere (se confermata per le altre specie del genere *Pinus*) o, se esclusivo di *P. pinea*, della specie di appartenenza.

Nell'ambito delle angiosperme si è rilevata,

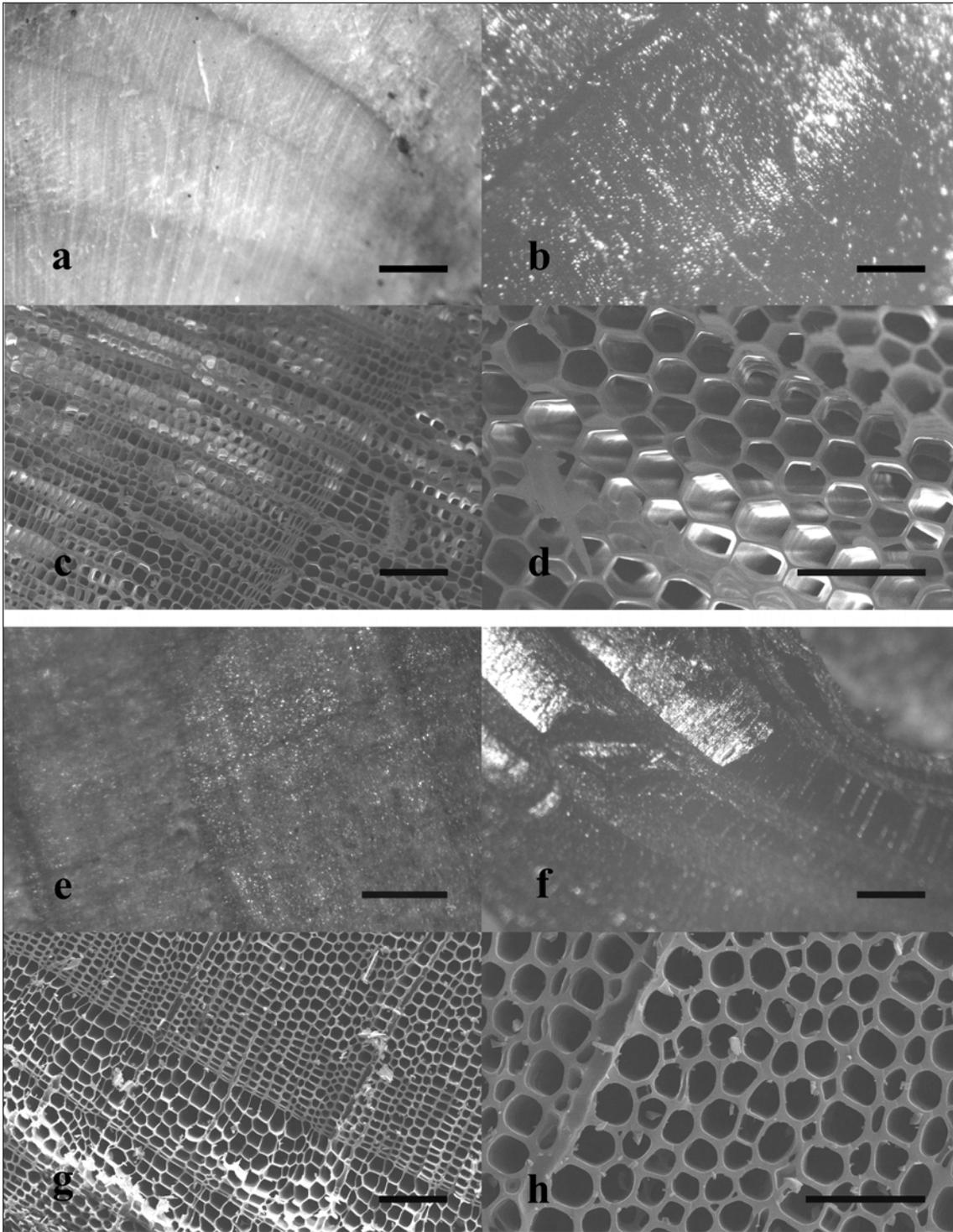


Fig. 2 - **a-d**: Sezioni trasversali di legno di *Cupressus sempervirens*: legno non trattato (**a**) e legno carbonizzato (**b, c, d**). **e-h**: Sezioni trasversali di *Taxus baccata*: legno non trattato (**e**) e legno carbonizzato (**f, g, h**).

La barra corrisponde a 1 mm in **a, f**; a 300  $\mu\text{m}$  in **b, e**; a 100  $\mu\text{m}$  in **c, g**; a 50  $\mu\text{m}$  in **d, h**.

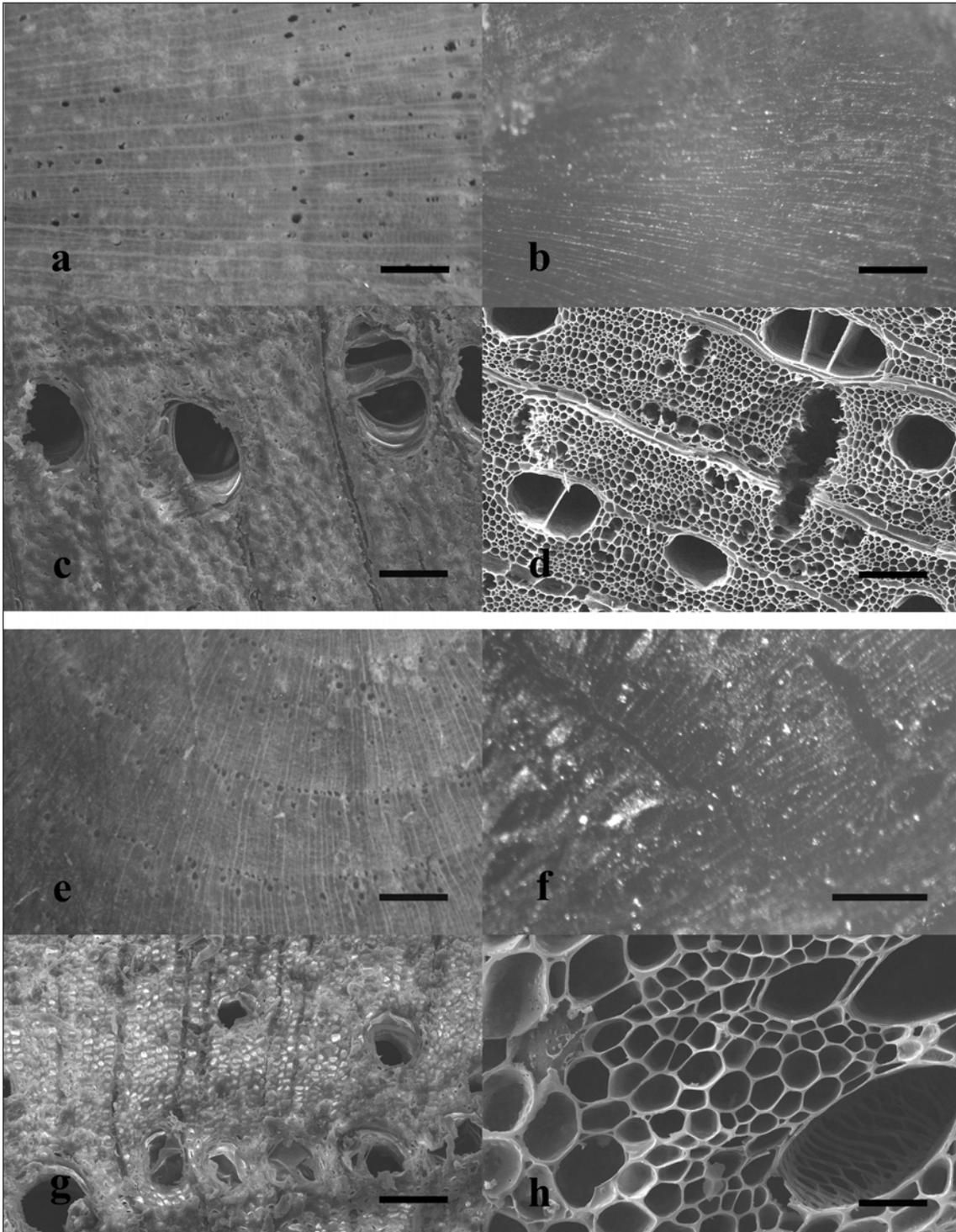


Fig. 3 - **a-d**: Sezioni trasversali di legno di *Juglans regia*: legno non trattato (**a, c**) e legno carbonizzato (**b, d**). **e-h**: Sezioni trasversali di *Castanea sativa*: legno non trattato (**e, g**) e legno carbonizzato (**f, h**). La barra corrisponde a 1 mm in **a, b, e, f**; a 100  $\mu\text{m}$  in **c, d, g**; a 50  $\mu\text{m}$  in **h**.

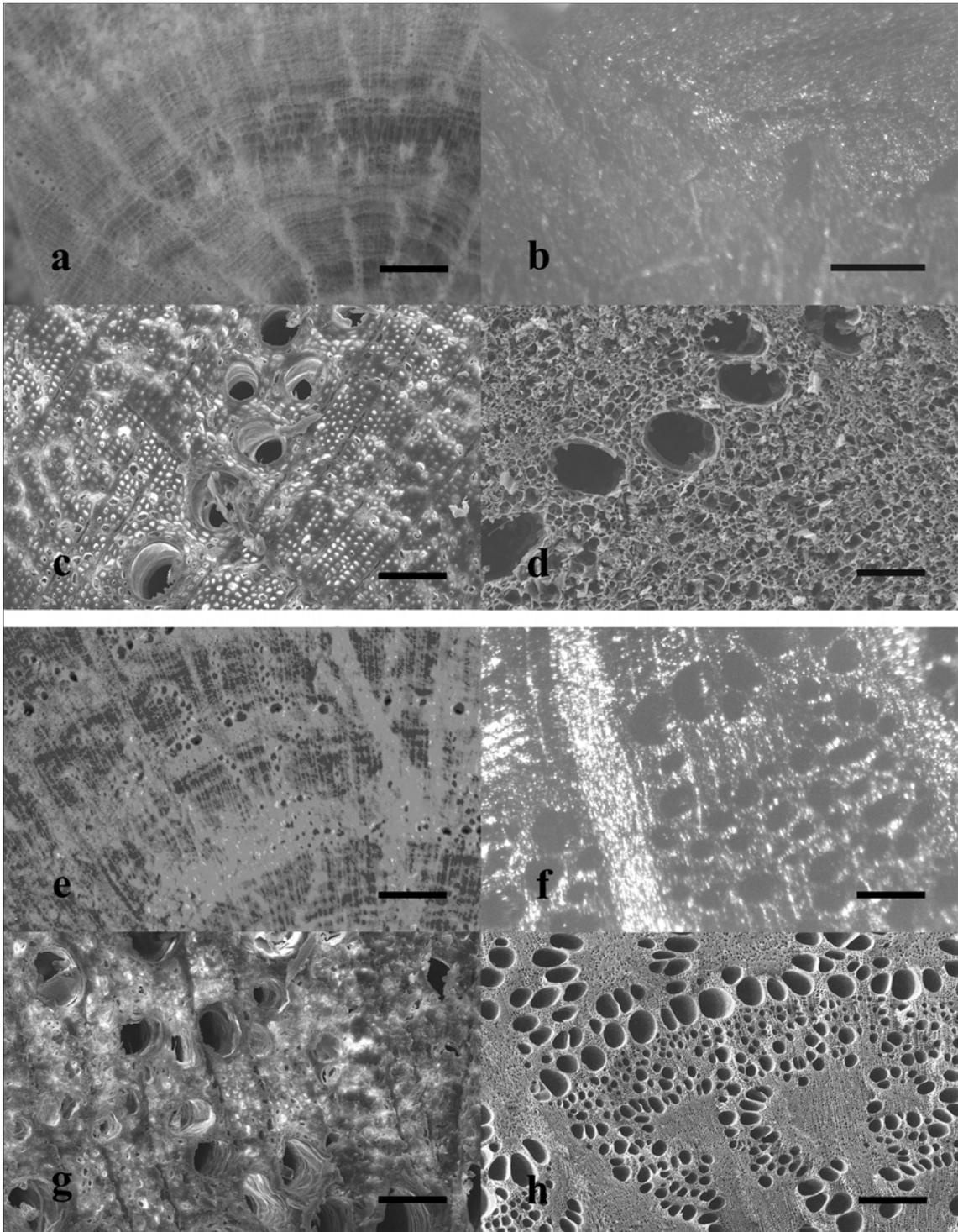


Fig. 4 - **a-d**: Sezioni trasversali di legno di *Quercus ilex*: legno non trattato (**a, c**) e legno carbonizzato (**b, d**). **e-h**: Sezioni trasversali di *Quercus petraea*: legno non trattato (**e, g**) e legno carbonizzato (**f, h**). La barra corrisponde a 1 mm in **a, b, e**; a 300 μm in **h**; a 200 μm in **f**; a 100 μm in **c, d, g**.

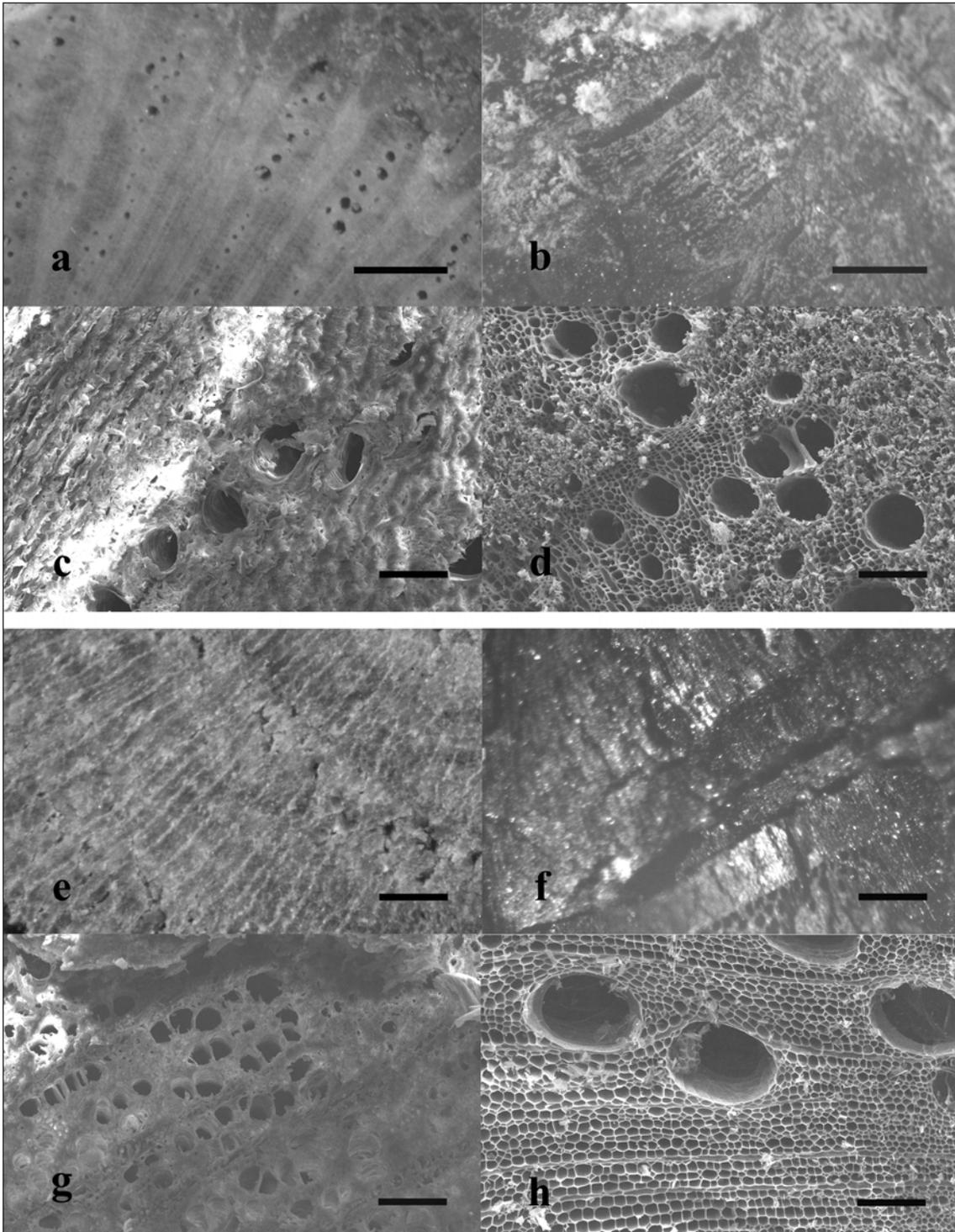


Fig. 5 - **a-d**: Sezioni trasversali di legno di *Quercus suber*: legno non trattato (**a, c**) e legno carbonizzato (**b, d**). **e-h**: Sezioni trasversali di *Prunus cerasus*: legno non trattato (**e, g**) e legno carbonizzato (**f, h**). La barra corrisponde a 1 mm in **a, b, e, f**; a 100  $\mu\text{m}$  in **c, d, g, h**.

rispetto alle conifere, una maggiore frequenza di fratture e sfaldamento del legno carbonizzato in senso tangenziale. Tale condizione è particolarmente visibile in *Juglans regia* e testimonia che le elevate tensioni che si sviluppano durante la combustione trovano maggiore resistenza a livello dei vasi rispetto alle altre regioni xilematiche.

Nel legno non carbonizzato, conservatosi in condizioni anaerobiche, il processo di degradazione procede in modo incompleto, con alterazione parziale della micromorfologia e lasciando talvolta immutata la morfologia generale del legno (HATCHER 2002). In tali casi l'osservazione della presenza di alterazioni micromorfologiche tipiche dei legni carbonizzati può permettere di risolvere rapidamente dubbi relativi agli eventi intervenuti prima del seppellimento di campioni lignei prove-

nienti da scavi paleobotanici o archeobotanici.

L'osservazione alla scansione dei legni trattati e non trattati permette di evidenziare caratteristiche della superficie di taglio dei legni non trattati e di frattura dei legni carbonizzati che possono essere affiancati ai caratteri già generalmente utilizzati, facilitando il riconoscimento di campioni di legno di piccole dimensioni o solo parzialmente carbonizzati.

Il presente lavoro può proporsi come il nucleo iniziale di una raccolta di campioni carbonizzati e delle relative microfotografie. L'allestimento di una xiloteca realizzata a partire da legni carbonizzati mette a disposizione una serie di caratteri macromorfologici e micromorfologici che possono essere utili nel riconoscimento di antracoresti raccolti in aree archeologiche o in siti geologici.

#### LETTERATURA CITATA

- GIFFORD E.M., FOSTER A.S. 1989. Morphology and evolution of vascular plants. Freeman Ed., New York.
- HATCHER P.G. 2002. Wood associated with the A.D. 79 eruption, its chemical characterization by solid state  $^{13}\text{C}$  as a guide to the degree of carbonization. In: Jashemski W.F., Meyer F.G. (Ed.). The Natural History of Pompeii. Cambridge University Press, Cambridge.
- JASHEMSKI W.F., MEYER F.G., RICCIARDI M. 2002. Plants evidence from wall paintings, mosaics, sculpture, plant remains, graffiti, inscriptions, and ancient authors. In: Jashemski W.F., Meyer F.G. (Ed.). The Natural History of Pompeii. Cambridge University Press, Cambridge.
- JUDD W.S., CAMPBELL C.S., KELLOGG E.A., STEVENS P.F. 2002. Botanica sistemática, un approccio filogenético. Piccin Editore, Padova.
- METCALFE C.R., CHALK L. 1983. Anatomy of the dicotyledons. Vol. II. Clarendon Press, Oxford.
- PEARSALL D.M. 1989. Paleoethnobotany. A handbook of procedures. Academic Press Inc., San Diego, U.S.A.
- PIGNATTI S. 1982. Flora d'Italia. Vol. I. Edagricole, Bologna.
- RAFFI S., SERPAGLI E. 1993. Introduzione alla Paleontologia. UTET, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1990. Anatomie Europäische Hölzer. Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart.
- STEWART W.N., ROTHWELL G.W. 1993. Paleobotany and the evolution of plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- TAYLOR N.T., TAYLOR E.L. 1993. The biology and evolution of fossil plants. Ed. Prentice Hall, New Jersey.
- ZOHARY D., HOPF M. 1988. Domestication of Plants in the Old World. Clarendon Press, Oxford.

Finito di stampare nel mese di Dicembre 2008