

MAURO BERNABEI (*)

INDAGINE MICROSCOPICA SULLA DEPOSIZIONE DI METABOLITI SECONDARI NEL CUORE ROSSO DEL FAGGIO

FDC 852 : 176.1 *Fagus sylvatica*

Il durame facoltativo del faggio (Fagus sylvatica L.) si caratterizza per la scarsa durabilità e per l'intensa colorazione marrone-rossastra. In questo lavoro sono state documentate le tipologie più frequenti di deposizione dei metaboliti secondari nel legno di faggio affetto da cuore rosso. La deposizione dei metaboliti secondari all'interno delle cellule sembra avvenire secondo tre tipologie fondamentali: sotto forma di elementi sferici più o meno grandi; sotto forma di patina sulle pareti; nei casi più estremi il contenuto di estrattivi è tale da riempire completamente il lume cellulare.

Tali metaboliti secondari sono depositi per assolvere essenzialmente una funzione di barriera meccanica contro le avversità più varie, che includono l'attacco di qualche agente patogeno ma anche la semplice perdita del tenore di umidità nel legno non più efficiente nel trasporto idrico.

INTRODUZIONE

Il durame facoltativo del faggio (*Fagus sylvatica* L.) si caratterizza per la scarsa durabilità e per l'intensa colorazione marrone-rossastra.

Almeno nelle fasi iniziali, esso può essere considerato come il risultato di un processo di compartimentazione, tendente a proteggere i tessuti xilematici dalla progressiva perdita di tensione idrica.

Le tipologie assunte più frequentemente dalla duramificazione facoltativa del faggio sono due: il cuore rosso «a mosaico», che procede per areole con forma più o meno circolare, e il cuore rosso «stellato», che si prolunga fin quasi sotto la corteccia con forme appuntite, caratterizzate da bordi di colore più scuro (BERNABEI 1998). Oltre a queste, la duramificazione può manifestarsi nel faggio sotto altre forme come nel caso del cuore «da ferita», del cuore «anormale», «da gelo» (SACHSSE 1991).

(*) Università degli Studi della Tuscia – Viterbo.

Il processo che porta alla formazione di cuore rosso implica essenzialmente due eventi, ovvero:

- la formazione di «zone barriera» (TORELLI *et al.*, 1994; PEARCE 1996) mediante l'impiego anche di lamelle di suberina (PARAMESWARAN *et al.*, 1985; PEARCE, 1990; TORELLI, 1996). Tali barriere delimitano i bordi delle aree compartimentizzate e ne garantiscono l'isolamento;
- la deposizione di metaboliti secondari all'interno del lume cellulare (KEMP & BURDEN 1986).

Nelle specie obbligatoriamente differenziate (ad es. querce e castagno) le sostanze duramificanti sono costituite in prevalenza da sostanze polifenoliche ed in particolare da tannini idrolizzabili. Questi vanno a fare parte intimamente della parete cellulare (HILLIS, 1987) contribuendo a dotare il legno di una certa azione antisettica.

Al contrario, i metaboliti secondari nel faggio sono costituiti per la gran parte da sostanze polifenoliche del tipo dei tannini condensati e da composti isoprenoidici (simili alle gomme) (BERNABEI, 1998). Queste sostanze sono dotate di scarsa reattività e quindi non sono in grado di assicurare una diretta azione antisettica sul legno.

Inoltre, non alterano la composizione chimica della parete cellulare e, disponendosi semplicemente sulla sua superficie, vanno ad aggiungersi ai residui di carboidrati più o meno complessi e agli acidi grassi nel durame facoltativo (HILLIS, 1987).

In qualche caso, il durame facoltativo mostra una minore resistenza alle alterazioni indotte da funghi rispetto al circostante legno indifferenziato. Ciò è in relazione sia con la quantità di carboidrati nel legno, sia con il più alto contenuto di umidità del durame facoltativo rispetto al legno indifferenziato, almeno durante le prime fasi della stagionatura.

Infatti, la presenza di tulle e di inclusi cellulari del durame facoltativo ostacola l'essiccazione, favorendo lo sviluppo di infezioni fungine. Al contrario, la relativa secchezza del legno indifferenziato ne limita lo sviluppo.

La funzione dei metaboliti secondari, dunque, nel faggio è essenzialmente quella di circoscrivere e isolare in maniera meccanica le aree dello xilema soggette a perdita di funzionalità e conseguente possibile degradazione.

Tale meccanismo di difesa si verifica anche in altre specie, ad es. nel *Prunus pensylvanica* (RIOUX *et al.*, 1991), proprio in relazione a fenomeni di compartimentazione.

Il seguente lavoro ha lo scopo di documentare le tipologie più frequenti di deposizione dei metaboliti secondari nel legno di faggio affetto da cuore rosso.

MATERIALE E METODI

Il materiale per l'indagine microscopica è stato ricavato complessivamente da 148 piante di faggio, tutte abbattute sull'Appennino centrale, in un'area a cavallo del 42° parallelo. L'ampiezza massima dell'area di reperimento, in direzione Nord-Sud, si aggira intorno ai 150 km in linea d'aria.

L'età delle piante da cui sono stati prelevati i campioni varia da 27 a 240 anni, con una media di 110.

Inizialmente, per l'indagine al microscopio ottico, alcuni provini di legno sono stati preparati secondo il metodo tradizionale che prevede la bollitura, il taglio delle sezioni con il microtomo e l'eventuale colorazione. In particolare per le colorazioni sono stati impiegati safranina e light green.

Tuttavia tale trattamento è risultato troppo invasivo per lo studio delle tipologie di deposizione dei metaboliti secondari. Infatti, questi sono semplicemente depositi all'interno del lume cellulare senza che si verificano legami chimici particolarmente resistenti; per cui pur avendo realizzato numerose foto di sezioni tagliate con il microtomo e colorate, per gli scopi del presente lavoro sono risultate più utili sezioni realizzate a mano su legno non bollito e quindi il meno alterato possibile.

L'osservazione è stata effettuata con il microscopio ottico Polyvar della Reichert-Jung presso il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (Di.S.A.F.Ri.).

La preparazione del materiale per l'analisi con il microscopio elettronico a scansione, è stata un po' più tradizionale. Ad una iniziale bollitura è seguito il taglio con il microtomo, l'essiccazione con il Critical Point Drying e la metallizzazione con oro. Tali trattamenti potrebbero aver in parte modificato le tipologie di deposizione dei metaboliti secondari. Tuttavia, l'esame delle scansioni microscopiche ha permesso comunque interessanti considerazioni.

L'osservazione è stata effettuata con il microscopio elettronico a scansione JSM - 5002 della Jeol presso il Centro Interdipartimentale di Microscopia Elettronica (C.I.M.E.) dell'Università degli Studi della Tuscia a Viterbo.

CONCLUSIONI

Nel legno di faggio con durame facoltativo la deposizione dei metaboliti secondari avviene secondo modalità che variano a seconda della quantità di metaboliti prodotta e delle condizioni secondo cui viene distrutto il contenuto delle cellule parenchimatice.

Il legno indifferenziato ancora efficiente nel trasporto idrico è generalmente privo di tille, con scarse incrostazioni all'interno del lume cellulare (foto 1, 2, 3, 4 e 5).

Al contrario, nel cuore rosso le cellule parenchimatiche prima di svuotarsi completamente riversano all'interno del lume cellulare, ma anche negli spazi intercellulari, una quantità variabile di metaboliti secondari di colore rossastro (foto 13).

Anche le perforazioni scalariformi, all'interno dei vasi del legno tardivo, sono libere da incrostazioni nel caso di legno indifferenziato (foto 6), mentre nel legno con durame facoltativo mostrano talvolta delle deposizioni di varia natura, che possono assumere la forma di piccoli elementi sferici (foto 7).

La formazione di una membrana con una superficie «verrucosa» sulle perforazioni scalariformi è già stata descritta (CHOVANEC *et al.* 1990). Essa viene deposta dalle cellule parenchimatiche durante le prime fasi di formazione del cuore rosso e può essere considerata il primo segno della incipiente duramificazione facoltativa (foto 7).

Le sostanze deposte all'interno del lume cellulare sono di colore rossastro e sono queste sostanze a dare la caratteristica colorazione al cuore rosso del faggio (foto 14).

In sintesi, dunque, il tipo di deposizione dei metaboliti secondari all'interno delle cellule sembra avvenire in diversi modi, riconducibili a tre tipologie fondamentali:

- sotto forma di elementi sferici più o meno grandi (foto 7, 11, 12, 14);
- sotto forma di patina sulle pareti (foto 13 e 14);
- nei casi più estremi il contenuto di estrattivi è tale da riempire completamente il lume cellulare (foto 8, 9, 10 e 14).

Tali considerazioni confermano il ruolo strategico dei metaboliti secondari nel durame facoltativo del faggio. Tali sostanze sono deposte per assolvere essenzialmente una funzione di barriera meccanica contro le avversità più varie, dall'attacco di qualche agente patogeno alla semplice perdita del tenore di umidità nel legno non più efficiente nel trasporto idrico. Le tipologie di deposizione possono così assumere carattere più o meno intenso.

SUMMARY

Microscopical investigation on the secondary metabolites deposition in the red heart of beech

The beech wood (*Fagus sylvatica* L.) affected by red heart is characterized by a low durability and an intense brownish coloration. In this report the more frequent deposition typology of the false heartwood secondary metabolites has been documented.

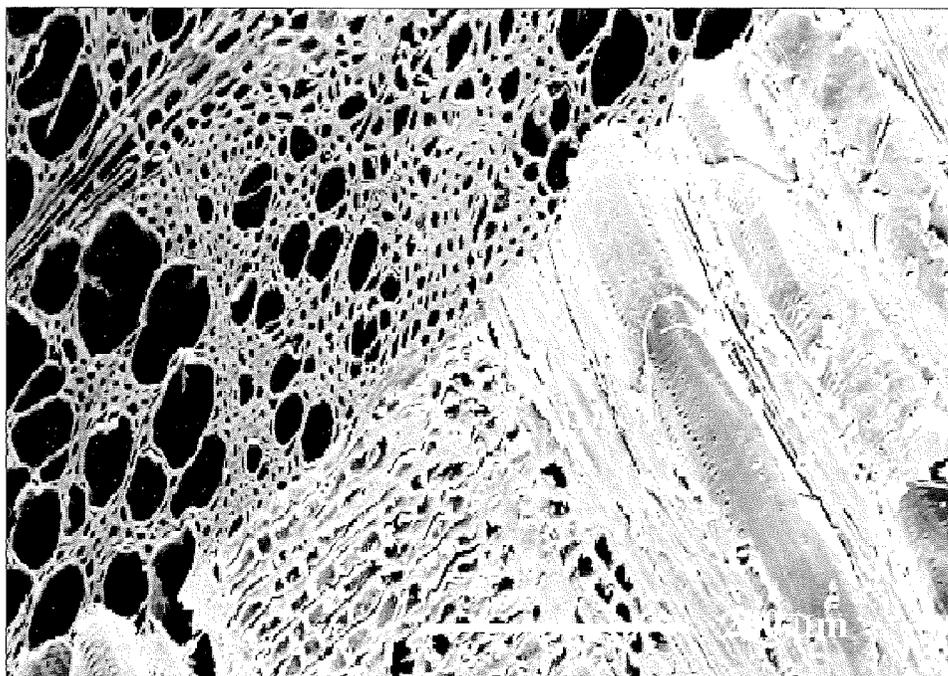


Foto 1 - Legno indifferenziato. Il lume cellulare è privo di incrostazioni e le tille sono poco numerose. Foto al s.e.m. - 108 X



Foto 2 - Vaso con perforazione semplice nel legno indifferenziato. Foto al s.e.m. - 750 X

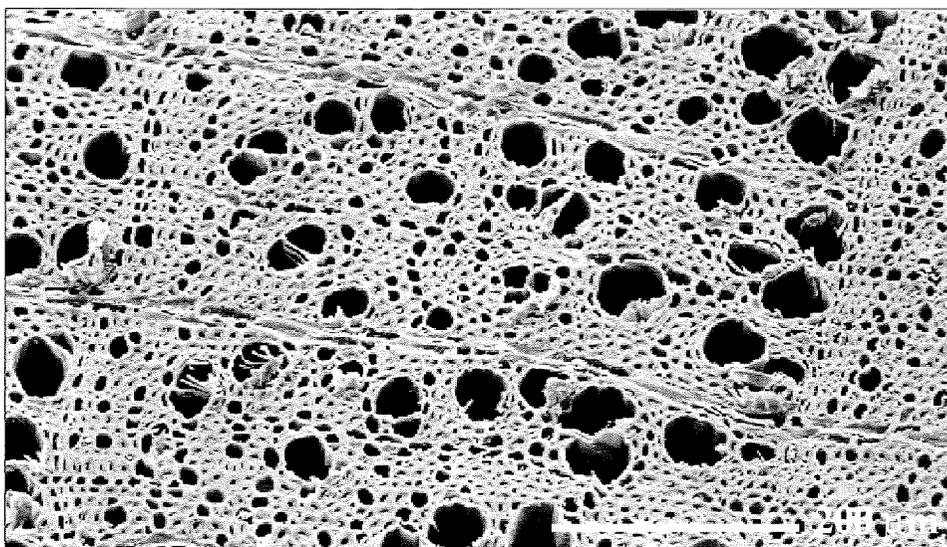


Foto 3 – Un anello completo di legno indifferenziato. Evidenti le perforazioni scalariformi nei vasi del legno tardivo. Foto al s.e.m. - 134 X

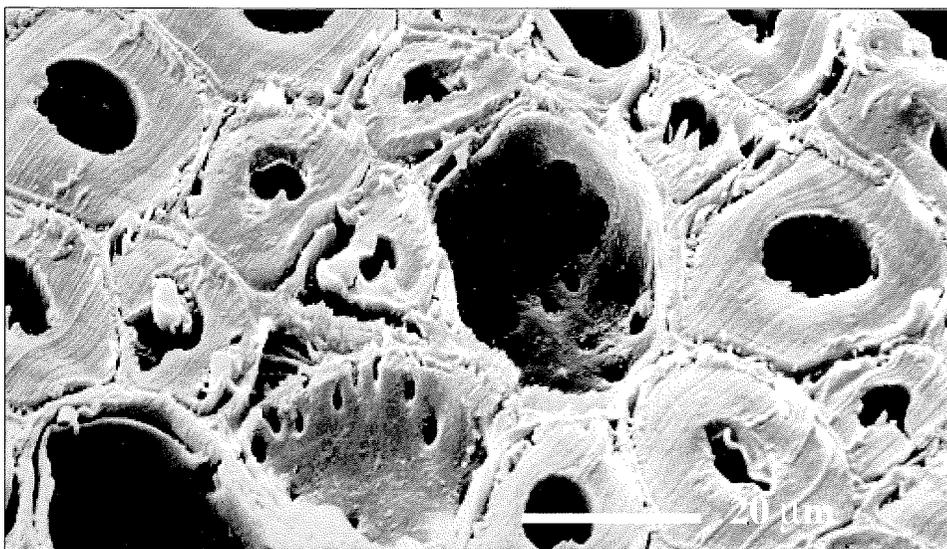


Foto 4 – Fibre, trachee e cellule parenchimatice in legno non differenziato. Foto al s.e.m. - 1,51 kX

Foto 5 – Pareti cellulari con punteggiature in legno indifferenziato. Si noti l'assenza di deposizioni di metaboliti secondari. Foto al s.e.m. - 1,65 kX

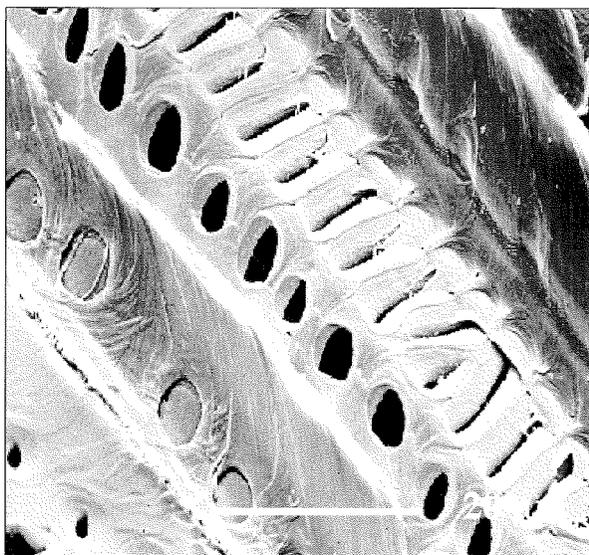
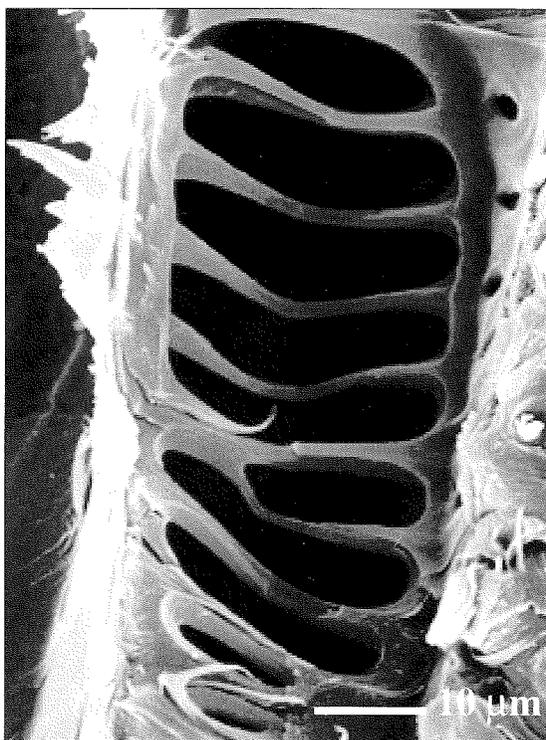


Foto 6 – Perforazione scalariforme in legno non differenziato. Foto al s.e.m. - 2 kX



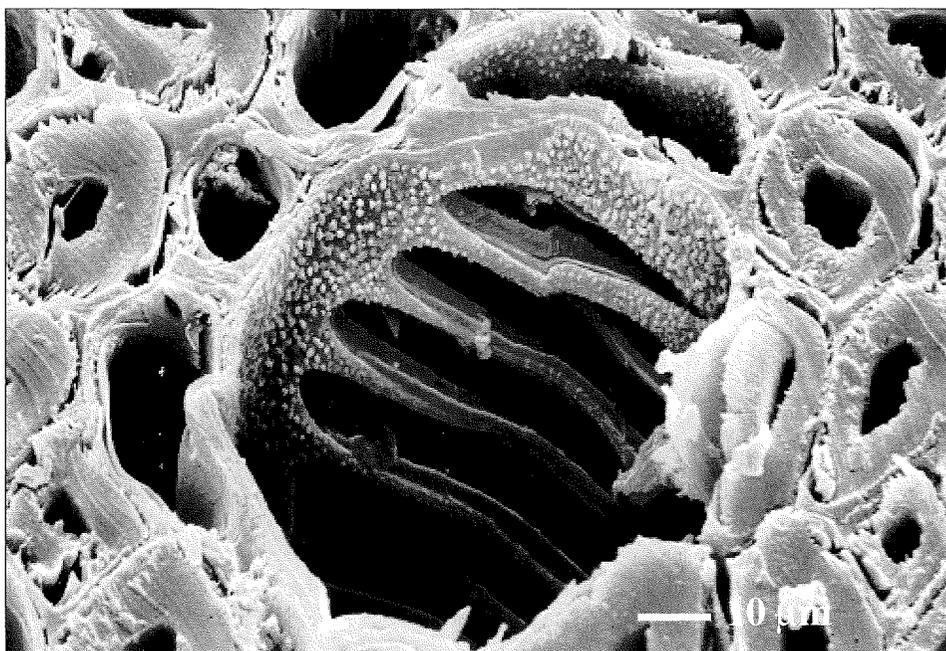


Foto 7 – Presenza della «membrana verrucosa» sulla perforazione scalariforme nel cuore rosso in areole. Foto al s.e.m., - 1,62 kX

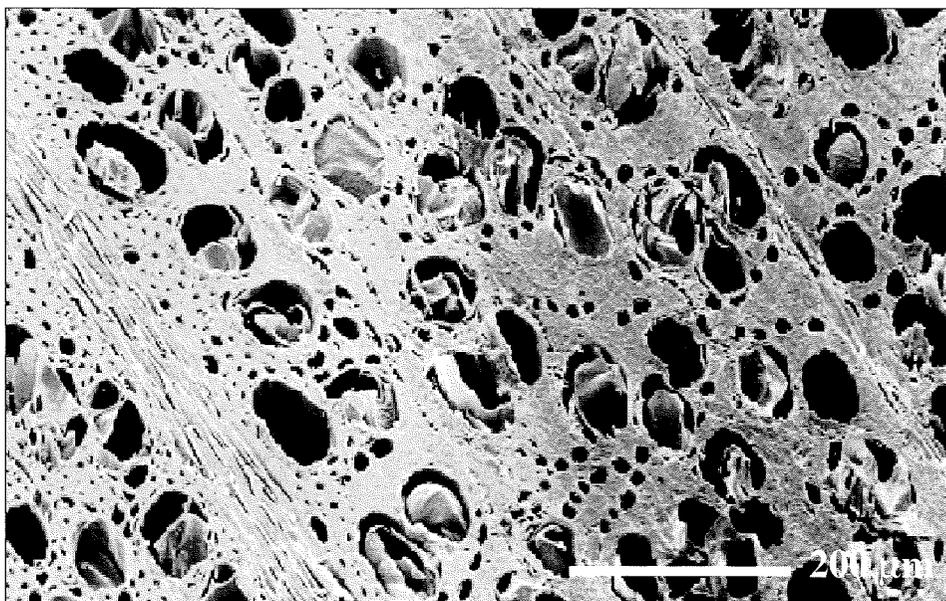


Foto 8 – Sez. trasversale di legno con cuore stellato. Il lume delle cellule parenchimatiche è vuoto mentre quello delle fibre è completamente riempito di metaboliti secondari. Foto al s.e.m. - 116 X

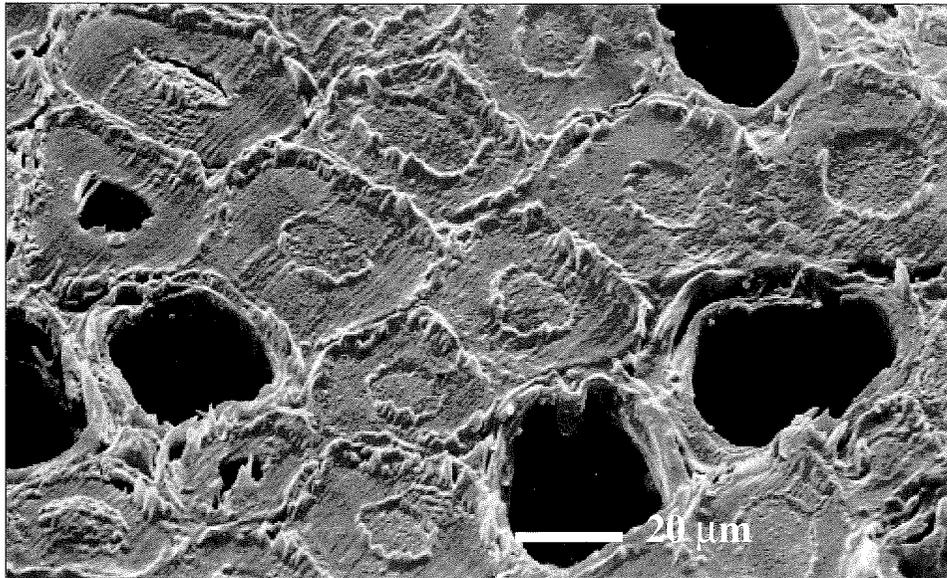


Foto 9 – Particolare di cuore stellato con lume cellulare riempito di metaboliti secondari. Foto al s.e.m. - 1,29 kX

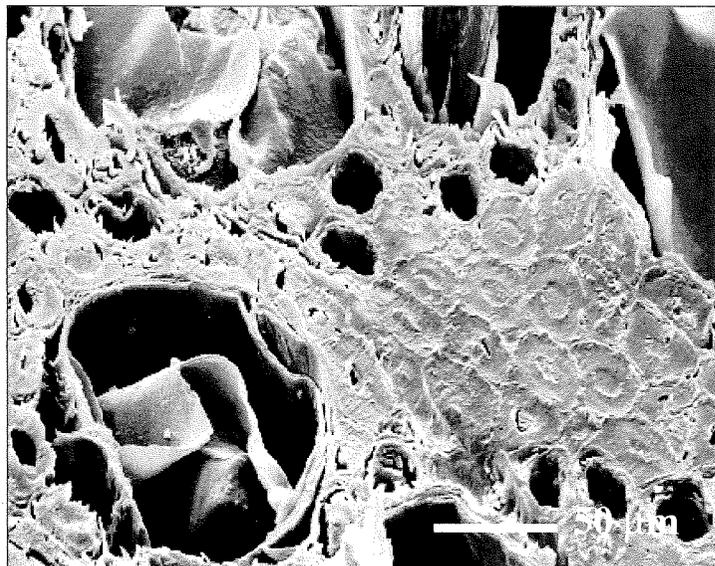


Foto 10 – Vasi con tile e metaboliti secondari nel cuore stellato. Foto al s.e.m. - 593 X

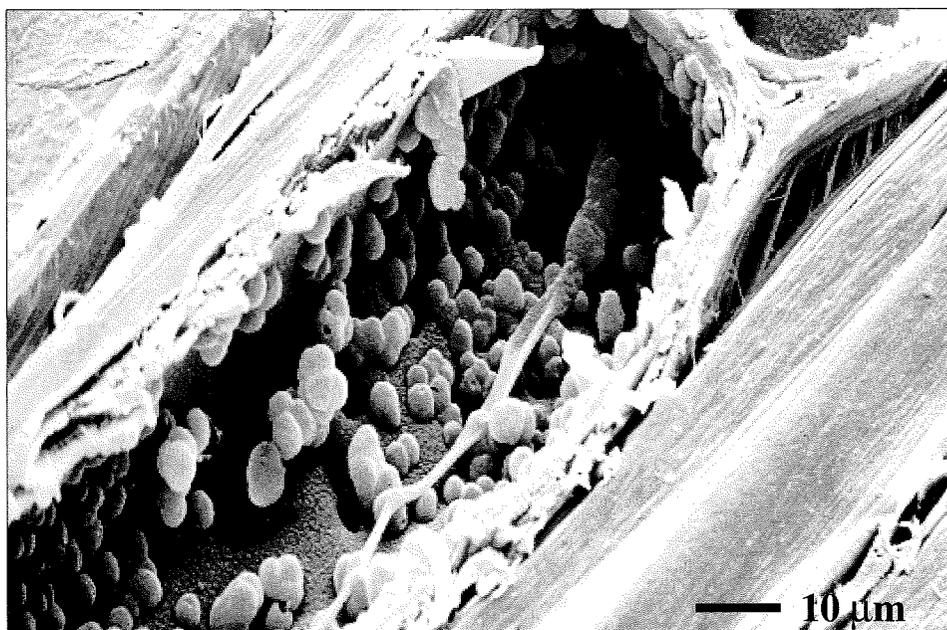
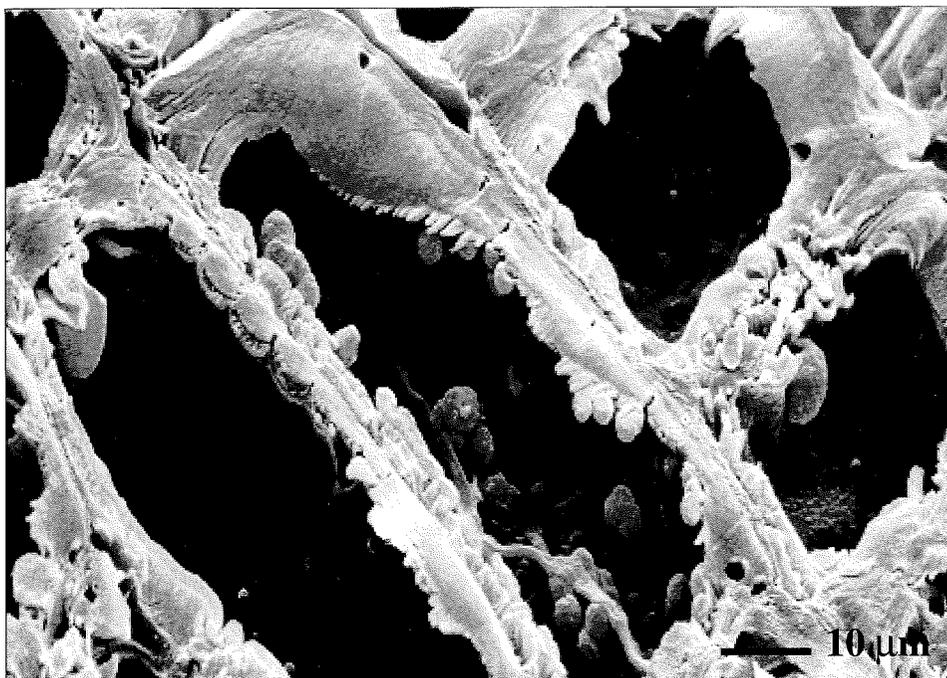


Foto 11 e 12 – Fasi degenerative del cuore stellato con ife fungine all'interno del lume cellulare. In evidenza anche i metaboliti secondari sotto forma di elementi sferici. Foto al s.e.m. - Risp. 1,32 e 1,74 kX

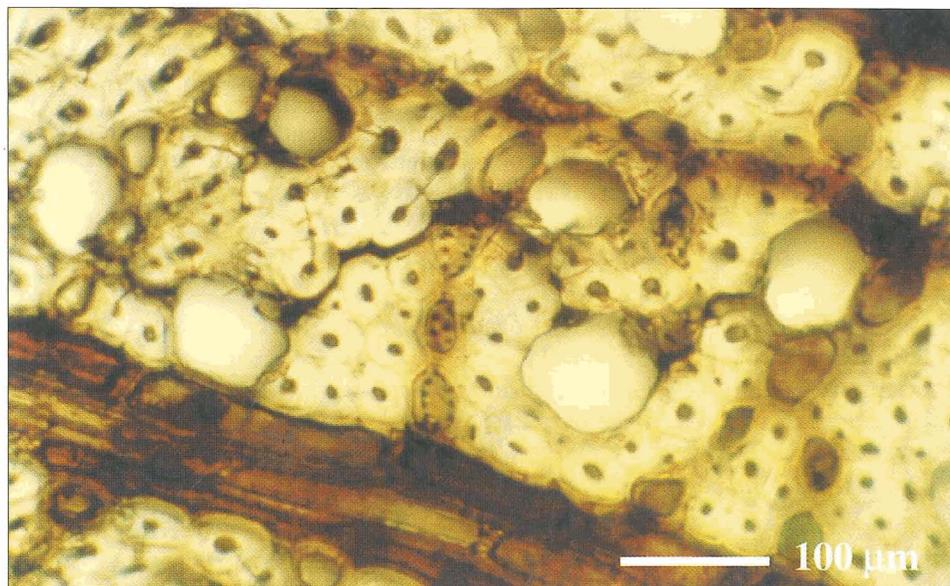


Foto 13 – Sez. trasversale di legno con durame facoltativo di tipo areole. Le cellule parenchimatiche sono vuote ma si può notare la deposizione sotto forma di patina all'interno delle fibre e negli spazi intercellulari. Foto al microscopio ottico - 300 X

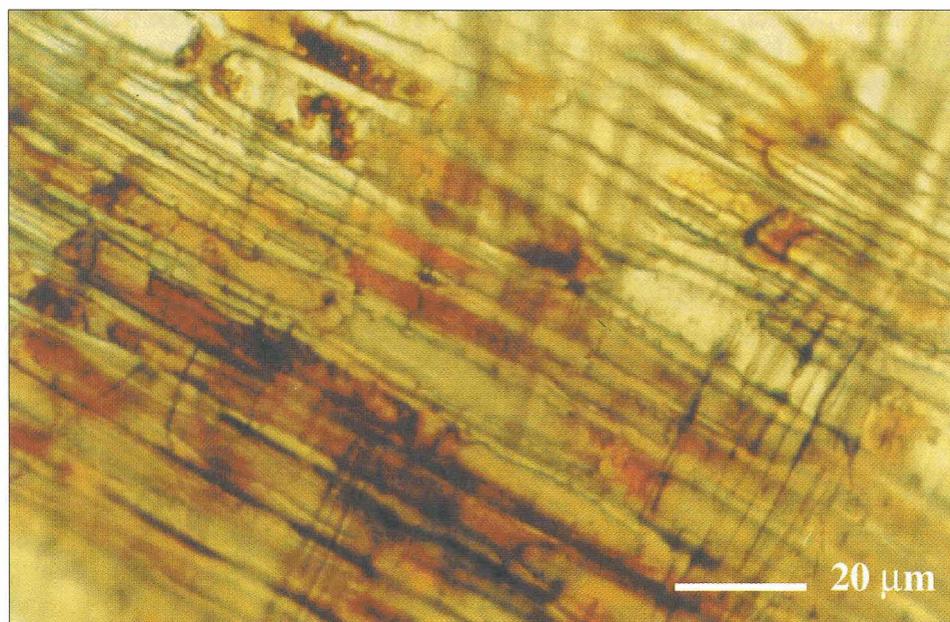


Foto 14 – Sez. subradiale in legno di faggio con cuore rosso stellato. La deposizione dei metaboliti secondari è mista ovvero avviene sotto forma di glomeruli (in alto a sinistra), di patina sulle pareti (dove la colorazione è più trasparente) e in qualche caso è tale da riempire completamente il lume cellulare. Foto al microscopio ottico - 250 X

The secondary metabolites placing inside the cells seems to happen in three fundamental forms: under shape of spherical elements; under shape of layer on the cell walls; in the extreme cases the metabolites content completely fills up the cellular lumen.

These metabolites function is that of a mechanical barrier against several adversities, that include the attack of some pathogenic agent, but also the simple loss of the humidity tenor in wood which is not more efficient in the water transport.

BIBLIOGRAFIA

- BAMBER R.K., FUKAZAVA K., (1985) – *Sapwood and Heartwood: A Review*. Forestry Abstracts, vol 46, n. 9: 567-580.
- BERNABEI M., (1998) – *Il durame facoltativo del faggio*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali. pp: 105-131.
- CHOVANEC D., KORYTAROVA O., DVORAKOVA D., (1990) – *Membrane formation on the scalariform perforation plates in beech*. Holztechnologie, 31 (2): 64-67.
- HILLIS W.E., (1987) – *Heartwood and Tree Exudates*. Springer series in wood science. Springer-Verlag, Berlino.
- KEMP M.S., BURDEN R.S., (1986) – *Phytoalexins and stress metabolites in the sapwood of trees*. Phytochemistry, 25 (6): 1261-1269.
- PARAMESWARAN N., KNIGGE H., LIESE W., (1985) – *Electron microscopic demonstration of a suberised layer in the tylosis wall of beech and oak*. IAWA Bulletin, 6 (3): 269-271.
- PEARCE R.B., (1990) – *Occurrence of decay-associated xylem suberization in a range of woody species*. European Journal of Forest Pathology, 20: 275-289.
- PEARCE R.B., (1996) – *Antimicrobial defences in the wood of living trees (Review)*. New Phytologist, 132 (2): 203-233.
- RIoux D., OUELLETTE G.B., (1991) – *Barrier zone formation in host and nonhost trees inoculated with Ophiostoma ulmi. I. Anatomy and histochemistry*. Canadian Journal of Botany, 69: 2055-2073.
- SACHSSE H., (1991) – *Kerntypen der Rotbuche*. Forstarchiv, 62 (6):238:242.
- TORELLI N., (1996) – *Occurrence of suberin in the discoloured wood («Red Heart») in beech (Fagus sylvatica L.)*. IAWA Journal, 17 (3): 265.
- TORELLI N., KRIZAJ B., OVEN P., (1994) – *Barrier zone (Codit) and wound associated wood in beech (Fagus sylvatica L.)*. Holzforschung und Holzverwertung, 3: 49-51.