



# ANNALI

C.R.A. - CENTRO DI RICERCA PER LA SELVICOLTURA



Arezzo Volume 35 Anni 2007-2008

COMITATO DI REVISIONE PER QUESTO NUMERO – *Ad hoc referees committee for this issue*

Amorini Emilio

*C.R.A.- Centro di Ricerca per la Selvicoltura, V.le Santa Margherita 80, 52100 Arezzo, Italia*

Anselmi Naldo

*Università degli Studi della Tuscia , UNITUSPAT, Via S. Camillo de Lellis 01100 Viterbo, Italia*

Belletti Piero

*Università di Torino, DIVAPRA, Via L. da Vinci 44, 10095 Grugliasco, Torino, Italia*

Conedera Marco

*Swiss Federal Research Institute WSL, Via Belsoggiorno 22, 6500 Bellinzona, Svizzera*

Fabbio Gianfranco

*C.R.A.- Centro di Ricerca per la Selvicoltura, V.le Santa Margherita 80, 52100 Arezzo, Italia*

Hermanin De Reichenfeld Luigi

*Università degli Studi di Firenze, DISTAF, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italia*

Iovino Francesco

*Università della Calabria, DDS, Via P. Bucci, 87030 Arcavacata di Rende, Cosenza, Italia*

Menguzzato Giuliano

*Università Mediterranea di Reggio Calabria, GESAF, P.zza S. Francesco da Sales 4, 89061 (RC), Italia*

Mercurio Roberto

*Università Mediterranea di Reggio Calabria, GESAF, P.zza S. Francesco da Sales 4, 89061 (RC), Italia*

Motta Renzo

*Università di Torino, AGROSELVITER, Via L. da Vinci 44, 10095 Grugliasco, Torino, Italia*

Nervo Giuseppe

*C.R.A - PLF, Strada Frassineto 35, 15033 Casale Monferrato, Alessandria, Italia*

Nocentini Susanna

*Università degli Studi di Firenze, DISTAF, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italia*

Paci Marco

*Università degli Studi di Firenze, DISTAF, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italia*

Piussi Pietro

*Università degli Studi di Firenze, DISTAF, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italia*

Pividori Mario

*Università di Padova Agripolis, TESAF, Viale dell'università 16, 35020 Legnaro, Padova*

Tani Andrea

*Università degli Studi di Firenze, DISTAF, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italia*

CURATORI DI QUESTO NUMERO – *Editors*

Maria Chiara Manetti, Claudia Becagli

EDITORE – *Publisher*

C.R.A.- Centro di Ricerca per la Selvicoltura  
Viale Santa Margherita 80, 52100 Arezzo, Italia  
Tel. ++39 0575 353021; Fax. ++39 0575 353490;  
E-mail: sel@entecra.it

# ANNALI

C.R.A. - CENTRO DI RICERCA PER LA SELVICOLTURA

ISSN 0390-0010



Anni 2007- 2008 Volume 35

Volume 35 2007-2008

Amorini E. (Arezzo)	Cutini A. (Arezzo)	Manetti M.C. (Arezzo)
Andreatta G. (Ravenna)	De Rogatis A. (Arezzo)	Nobili G. (Ravenna)
Apuzzo S. (Napoli)	Ducci F.(Arezzo)	Pelleri F. (Arezzo)
Avolio S. (Cosenza)	Ferretti F. (Firenze)	Pignatti G. (Roma)
Becagli C. (Arezzo)	Fois A. (Arezzo)	Piovosi M. (Arezzo)
Bernardini V. (Cosenza)	Ghelardini L. (S. Fiorentino)	Proietti R. (Arezzo)
Brandoni L.(Marche)	Giannini T. (Arezzo)	Ravagni S. (Arezzo)
Buresti E. (Arezzo)	Giulietti V. (Arezzo)	Santini A. (Sesto Fiorentino)
Cantiani P. (Arezzo)	Guerra S. (Arezzo)	Tomaiuolo M. (Cosenza)
Carone G.(Arezzo)	Gugliotta O.I (Arezzo)	Vannuccini M. (Arezzo)
Cilli S. (Arezzo)	La Marca O. (Firenze)	Vedele S. (Arezzo)
Clerici E. (Cosenza)	Malvolti M.E. (Terni)	

LISTA DEGLI ISTITUTI SCIENTIFICI  
CHE HANNO CONTRIBUITO ALLA REALIZZAZIONE DEL VOLUME  
(in ordine alfabetico)

CNR- Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, Porano, Terni  
CNR- Istituto per la Protezione delle Piante, Sesto Fiorentino, Firenze  
CFS - Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Ravenna  
CRA – PLF- Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta, Roma  
CRA – SAM – Unità di ricerca per la selvicoltura in ambiente mediterraneo, Cosenza  
CRA- SEL- Centro di ricerca per la selvicoltura, Arezzo  
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi, Firenze  
Regione Campania – Assessorato Agricoltura, Servizio Foreste Caccia e Pesca, Napoli  
Regione Marche

# Indici strutturali e di competizione per la caratterizzazione di popolamenti cedui di castagno<sup>§</sup>

Claudia Becagli<sup>\*1</sup>, Emilio Amorini<sup>1</sup>, Alessandro Fois<sup>1</sup>, Maria Chiara Manetti<sup>1</sup>

*Accettato il 10 aprile 2008*

**Riassunto** – La struttura, la densità e la diversità sono parametri utilizzati per valutare sia la dinamica dei popolamenti sia i processi di competizione in atto. In campo forestale sono usati, soprattutto per le fustaie, indici sintetici descrittivi sia della diversità strutturale e specifica sia della competizione. Nel presente contributo si analizzano le relazioni tra trattamento selvicolturale e alcuni indici sintetici descrittivi per popolamenti cedui di castagno diradati di diversa età. L'obiettivo del lavoro è: i) verificare l'applicabilità di alcuni indici nei popolamenti cedui per valutare se riescono a differenziare e quantificare, in funzione della storia selvicolturale pregressa, la complessità strutturale, le dinamiche evolutive e i processi di competizione; ii) accertare l'utilità degli indici per la programmazione dei futuri interventi selvicolturali. Lo studio è stato condotto in tre aree sperimentali del comprensorio castanicolo dell'Altopiano delle Pizzorne (LU). I popolamenti analizzati si differenziano per l'età (43 e 64 anni) e per la storia selvicolturale che ha condizionato sia la struttura attuale sia i processi competitivi in atto. L'analisi dettagliata della struttura è stata realizzata all'interno di aree sperimentali (1200m<sup>2</sup>) dove, oltre ai parametri dendro-auxometrici, sono stati rilevati anche dati utili per il calcolo degli indici di competizione. L'analisi dei dati ha permesso di definire indici sintetici di diversità distributiva, strutturale e specifica. I popolamenti esaminati presentano strutture monoplane, mono-specifiche, con una distribuzione dei fusti nello spazio orizzontale da regolare a casuale e con uno scarso livello di competizione interindividuale. Gli indici scelti descrivono bene l'effetto del trattamento applicato ed evidenziano che i popolamenti esaminati non mostrano più una struttura aggregata tipica dei boschi cedui e che un maggior grado di colturalità determina la semplificazione del soprassuolo. Inoltre, gli indici selezionati, sintetici e di facile calcolo, possono rappresentare un utile strumento operativo nella programmazione degli interventi colturali.

**Parole chiave:** *diradamento, castagno, struttura, indici sintetici.*

**Abstract** – Structural and competition indexes to characterise chestnut coppice stands. Structure, tree density and variation of tree specific composition are parameters useful to describe both natural dynamics and competition processes. In the field forestry, synthetic indices descriptive of both specific - structural diversity and competition are used, especially for high forests. In the present paper, the relations between silvicultural treatment and some synthetic indices descriptive of thinned chestnuts coppice stands differently aged are analysed. The main goals of the paper are: i) to verify the application of some in coppice stands, to evaluate their adaptation to differentiate and quantify the structural complexity, stand dynamics and competition processes as a function of past silvicultural history; ii) to ascertain the utility of the indices for the planning of future thinnings. The study was carried out in three experimental plots of the "Altopiano delle Pizzorne, (Lu)". The stands analysed are differently aged (43 and 64 years) and as for silvicultural background which affected both the present structure and the ongoing competitive process. The detailed of stands structure analysis was carried out within experimental areas (1200m<sup>2</sup>), besides manserational parameters, data necessary to determine the competition indices were acquired. Data analysis led to determine synthetic indices of distributive, structural and specific diversity. The analysed stands show a one-storied, monospecific structure with a tree distribution from regular to random and reduced level of individual competition. The chosen indices describe the effect of the applied treatment and show that the analysed stands are not characterized by the clustered distribution typical of coppices. The active silvicultural treatment determines the simplification of the stand structure. Furthermore, the selected indices, synthetic and easy to calculate, represent a useful operational instrument in silvicultural planning.

**Key words:** *thinning, chestnut, structure, synthetic indices.*

*F.D.C.: 228 : 56 : 242 : 176.1 Castanea*

## Introduzione

La conoscenza della struttura e dei rapporti di competizione all'interno dei soprassuoli è un'importante fattore per la definizione di strategie di gestione ecologicamente ed economicamente sostenibili (ZENNER *et al.* 2000). Ne consegue che l'analisi delle caratteristiche strutturali di un popolamento rappresenta

una metodologia di indagine necessaria per valutare l'eterogeneità spaziale e i meccanismi di competizione interindividuale che si stabiliscono all'interno di un soprassuolo (AMORINI 1994, OLIVER e LARSON 1996, POMMERING 2002, MANETTI e GUGLIOTTA 2004).

La struttura è stata descritta in termini generali come distribuzione della biomassa nello spazio (CROW *et al.* 1994), anche se le misure di eterogeneità

<sup>§</sup> Lavoro svolto in parti uguali dagli autori.

<sup>\*</sup> Autore corrispondente [claudia.becagli@entecra.it](mailto:claudia.becagli@entecra.it)

<sup>1</sup> C.R.A. - Centro di ricerca per la selvicoltura - Viale S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo (Italy) T. +39 0575 353021, fax +39 0575 353490.

tà, complessità e diversità strutturale non sono così semplici da determinare. Molti autori hanno formulato o studiato l'applicabilità di indici sintetici descrittivi della diversità strutturale - sia sul piano orizzontale che verticale - e specifica (SHANNON 1948, PRETZSCH 1997, 1999, MANETTI *et al.* 2000, NEUMANN e STARLINGER 2001, STAUDHAMMER e LEMAY 2001, DEL RIO 2003, CORONA *et al.* 2005) allo scopo di quantificare e qualificare le dinamiche evolutive dei soprassuoli.

Come per l'analisi dettagliata della struttura, la competizione per le risorse implica la conoscenza dei rapporti sociali che si stabiliscono fra gli individui adiacenti nelle varie fasi di crescita. Rapporti che si ripercuotono sull'accrescimento individuale, sull'architettura dell'albero e di conseguenza sulla struttura e sulle dinamiche evolutive del popolamento (TOMÈ e VERSWUJST 1996). Anche in questo caso sono stati messi a punto indici sintetici che permettono di quantificare il grado di competizione in atto che si instaura o tra i singoli individui o a livello di popolamento (REINEKE 1933, BIGING e DOBBERTING 1992, 1995, LIOTTO e TABACCHI 1993, LADERMANN e STAGE 2001, AGUIRRE *et al.* 2003, PRE'VOSTO 2005).

In genere, sia gli indici di diversità strutturale sia quelli di competizione, sono stati formulati principalmente per le fustaie; attualmente le nuove esigenze della gestione forestale e l'importanza acquisita del "momento strutturale (CIANCIO *et al.* 1986, CIANCIO *et al.* 2002)", ovvero di valutare attentamente l'efficienza evolutiva del popolamento per indirizzare un tipo di trattamento, evidenziano il valore e la necessità di poter caratterizzare anche i popolamenti di origine agamica.

Nei cedui di castagno gli studi inerenti la struttura e la competizione sono stati condotti soprattutto in popolamenti abbandonati (PIVIDORI 1997, CONEDERA *et al.* 2001, MALTONI e PACI 2001, PACI *et al.* 2003, FONTI *et al.* 2006, PIVIDORI *et al.* 2006), mentre pochi autori (BOLGÈ 2001, MANETTI *et al. op cit.*, MANETTI *et al.* 2004) hanno analizzato l'applicabilità di indici di diversità strutturale e di competizione in cedui regolarmente gestiti, allo scopo di quantificare le reali differenze strutturali originate dal trattamento selvicolturale. Gli interventi selvicolturali rappresentano infatti lo strumento capace di modificare sia la struttura arborea sia i meccanismi competitivi.

Questo contributo analizza le relazioni tra trattamento selvicolturale e alcuni indici sintetici di competizione e di diversità strutturale applicati in

popolamenti cedui di castagno di diversa età e variamente gestiti. In particolare si intende: i) verificare l'applicabilità degli indici per valutare la capacità di differenziare e quantificare la complessità strutturale, in funzione della storia selvicolturale pregressa, ii) accertare l'utilità degli indici per la programmazione dei futuri interventi selvicolturali.

## Materiale

L'area di studio è localizzata sull'Altopiano delle Pizzorne (Lucca) in una fascia altimetrica compresa tra 860 e 1100 m s.l.m.

L'Altopiano si colloca tra la valle di Pescia, di Colodi e quella del Serchio. La massima elevazione è il Monte Crocione (1026 m s.l.m.); il substrato geologico è rappresentato da arenarie oligoceniche del Macigno toscano e la pedogenesi ha generato suoli bruni acidi, suoli bruni lisciviati e localmente litosuoli (AMORINI *et al.* 1998). La temperatura media annua è di 17°C e quella del mese più caldo di 27°C; la precipitazione annua è di 1300 mm, con siccità estiva che si prolunga da giugno ad agosto (Figura 1).

I cedui di castagno dell'Altopiano delle Pizzorne rappresentano un esempio concreto di come gli interventi colturali condizionino la funzionalità, la dinamica evolutiva e la struttura del soprassuolo. Il castagno ha rivestito storicamente una notevole importanza nella provincia di Lucca, soprattutto per la coltura del frutto che costituì per secoli la chiave capace di permettere la sopravvivenza delle comunità rurali - montane in ambienti difficili. Già nel 1489 la Repubblica Lucchese

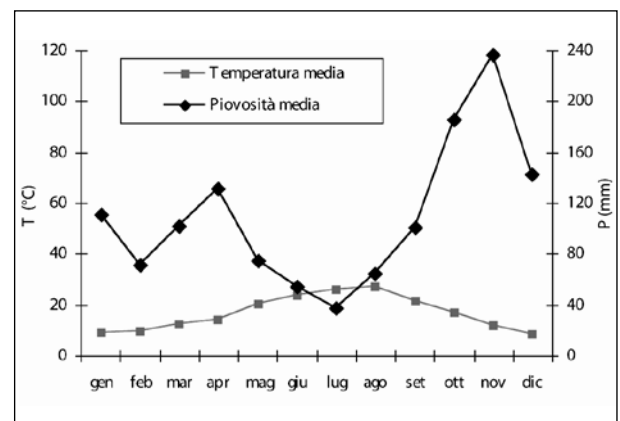


Figura 1 - Diagramma termopluviometrico della stazione Bagni di Lucca (LU) - 156 m s.l.m. relativo al periodo 1990-2007. Climatic diagram of Bagni di Lucca (LU) site - 156 m s.l.m. (period 1990-2007).

aveva promulgato una legge in difesa dei castagneti da frutto che furono tutelati da un'apposita magistratura detta "Offizio sopra le selve" (GIAMBASTIANI *et al.* 2004). Fino alla metà del secolo scorso le colline e le montagne lucchesi erano state intensamente abitate e il castagneto da frutto, che aveva occupato le maggiori superfici boschive, estendendosi dai 100 m s.l.m. fino a quote superiori ai 1000 m s.l.m., venne in seguito rapidamente convertito a ceduo. Tali popolamenti, per la maggior parte di proprietà privata, sono attualmente gestiti a ceduo con turni di 12-16 anni, mentre superfici limitate sono state abbandonate o, come nel caso dei cedui oggetto di questo studio, sottoposte all'allungamento del turno.

L'analisi è stata eseguita in popolamenti cedui di castagno, derivanti dalla conversione dei vecchi castagneti da frutto, che il CRA - Centro di ricerca per la Selvicoltura segue dal 1987 con l'obiettivo di definire la modalità e l'intensità degli interventi selvicolturali necessari per la produzione di legname di qualità. Ai fini di questo studio sono stati selezionati tre soprassuoli che si diversificano per l'età e gli interventi selvicolturali applicati, di cui purtroppo non si conoscono i dettagli (tipo e intensità dei diradamenti). In ciascuna area di studio l'indagine è stata condotta in due parcelle sperimentali permanenti di 1200 m<sup>2</sup> ciascuna. Le principali caratteristiche stazionali e selvicolturali delle aree sono riportate nella tabella 1.

## Metodo

Le informazioni relative alla stazione e al popolamento (densità, stratificazione sociale, composizione specifica, presenza di rinnovazione) sono state rilevate nell'estate del 2004. All'interno di ogni area sperimentale è stato rilevato il diametro a 1.30 m e la posizione sociale secondo tre classi (D = dominante, I = intermedia, d = dominata) di tutti i polloni vivi, nonché delle matricine presenti, ed infine è stata identificata la specie.

**Tabella 1** - Caratteristiche stazionali delle aree oggetto di studio (Altopiano delle Pizzorne, Lucca).  
*Site characteristics in the analysed experimental plots (Altopiano delle Pizzorne, Lucca).*

Area di studio	Età (anni)	Trattamento	Quota (m s.l.m.)	Esposizione	Pendenza (%)
Renaia	64	4 diradamenti	870	E	10°
Capopeschia	43	2 diradamenti	992	N	19°
Crocione	43	1 diradamento	1016	SE	18°

La relazione ipsodiametrica è stata costruita per ogni popolamento e la fertilità stazionale è stata valutata attraverso il calcolo dell'altezza dominante.

L'elaborazione dei dati ha consentito di definire il numero di ceppaie e polloni ad ettaro, separatamente per specie e per classe sociale, l'area basimetrica totale e distinta per classe sociale, il diametro medio e l'altezza media in ciascun popolamento. Ulteriori elaborazioni hanno riguardato la determinazione degli indici di diversità specifica, strutturale e di competizione.

Per quantificare la diversità specifica (tabella 2) delle specie arboree presenti sono stati calcolati l'indice di diversità specifica di Shannon (SHANNON 1948) e di Simpson (SIMPSON 1949). L'indice di Shannon, che assume valori da 0 a  $\infty$ , considera l'abbondanza e la presenza di specie, mentre l'indice di Simpson, che varia da 0 a 1, pondera la dominanza della specie principale rispetto alle altre.

Per misurare la diversità dimensionale del numero di individui nelle diverse classi diametriche è stato calcolato l'indice H' (tabella 2), ossia l'indice di Shannon applicato alla distribuzione del numero di alberi o di area basimetrica; per tale motivo all'interno di ogni popolamento le piante sono state raggruppate in classi diametriche di 10 cm. La diversità risulta massima quando tutte le classi diametriche hanno lo stesso numero di alberi o il medesimo valore di area basimetrica (CORONA *et al. op. cit.*, BUONGIORNO *et al. op. cit.*); in questo caso il valore massimo assunto dall'indice H' sarà pari al logaritmo naturale del numero delle classi diametriche. Il rapporto tra l'indice H' ed il suo valore massimo teorico è chiamato indice di uniformità E (NEUMANN e STARLINGER *op. cit.*, DEL RIO *et al. op. cit.*, CORONA *et al. op. cit.*).

Per definire la distribuzione spaziale degli individui all'interno di ogni area sono stati utilizzati gli indici di COX, PIELOU e di WINKELMASS (tabella 2). I primi due indici prevedono la scomposizione della parcella in una griglia regolare - nel caso di studio le aree sperimentali sono state suddivise in 12 subaree di 100 m<sup>2</sup> (10\*10m) ciascuna - e descrivono a scala diversa la struttura orizzontale. L'indice di Cox descrive la macrostruttura del popolamento e considera quindi i polloni inseriti su una stessa ceppaia come una singola unità; l'indice di Pielou definisce la microstruttura del popolamento e, in questo caso, i polloni inseriti su una stessa ceppaia sono stati considerati come individui singoli. Per entrambi gli indici la soglia discriminante è l'unità; i valo-

**Tabella 2** - Caratteristiche degli indici scelti.  
*Diversity and competition indexes applied.*

Descrizione indice	Formula	Legenda
Indice di diversità specifica di Shannon (SH)	$SH = \Sigma(-\log_2(N_j)) * N_j$	$N_j$ = frequenza relativa di ciascuna specie
Indice di diversità specifica di Simpson (SI)	$SI = 1 - \Sigma N_j$	$N_j$ = frequenza relativa di ciascuna specie
Indice di diversità dimensionale (H')	$H' = \Sigma[-\ln(n_j/N)] * n_j/N$	$n_j$ = numero di alberi nella j-classe diametrica; $N$ = numero totale di alberi;
Indice di uniformità (E)	$E = H'/\ln(S)$	$S$ = numero delle classi diametriche
Indice di diversità orizzontale Cox (CI)	$CI = S^2 / X$	$s^2$ = varianza; $x$ = media del numero di piante presenti all'interno delle subaree
Indice diversità orizzontale Pielou (PI)	$PI = \pi * (N/A * 1/K) * \Sigma r^2$	$N$ = numero totale di piante nell'area di studio; $A$ = dimensione dell'area di studio; $K$ = numero delle subaree considerate; $r$ = distanza minima dal punto centrale di ciascuna subarea alla pianta più vicina.
Indice di diversità orizzontale Winkelmass (W)	$W = 1/n * \Sigma W_j$	$n$ = numero dei punti di sondaggio; $W_j$ = variabile binaria.
Indice di diversità verticale(VE)	$VE = \Sigma [\log_2(N_j)] * N_j / \log(n)$	$N_j$ = rapporto tra il numero di individui appartenenti ad una classe di altezza e il numero di individui totali presenti nell'area; $n$ = numero delle classi di altezza considerate.
Indice di competizione di Biging and Dobbertin (BD)	$BD = \Sigma_{j=1}^n [Cac/Cas * (Dsc+1)]$	$Cac$ = area della chioma del competitore; $Cas$ = area della chioma dell'albero modello; $Dsc$ = distanza con il competitore; $n$ = numero dei competitori.
Indice di competizione di Hegyi (HY)	$HY = \Sigma_{j=1}^n Abc/(Abs * Dsc)$	$Abc$ = area basimetrica del competitore; $Abs$ = area basimetrica dell'albero scelto; $Dsc$ = distanza con il competitore; $n$ = numero dei competitori.

ri inferiori ad 1 indicano che i fusti sono regolarmente distribuiti nello spazio, valori maggiori di 1 esprimono una distribuzione aggregata, quelli tendenti ad 1 una distribuzione di tipo casuale. L'indice di WINKELMASS o GADOW (VON GADOW *et al.* 1998) consente di avere una stima della distribuzione spaziale degli individui in corrispondenza di un dato punto di sondaggio (20 nel caso di studio) attraverso la definizione degli angoli di direzione rispetto agli alberi più vicini al punto di sondaggio, senza misurare le distanze. Per il calcolo dell'indice, i polloni inseriti sulla stessa ceppaia sono stati considerati come individui singoli. I valori che può assumere W variano tra 0 e 1; quando l'indice di  $W = 0$  la distribuzione degli alberi nello spazio è regolare, se  $W = 1$  la distribuzione è a gruppi mentre valori intermedi caratterizzano distribuzioni spaziali che tendono ad essere casuali ( $W=0.5$ ).

La variabilità strutturale lungo il profilo verticale (tabella 2) è stata analizzata mediante la formula del VERTICAL EVENESS (VE) suddividendo il popolamento in 3 livelli di altezze (0-50%, 50-80%, 80-100% dell'altezza massima), inserendo nel calcolo il numero delle piante appartenenti a ciascun piano. Bassi valori di VE caratterizzano popolamenti monoplani mentre quando  $VE = 1$  l'importanza di ciascun piano è equivalente.

Per quantificare il grado di competizione all'interno dei popolamenti sono stati utilizzati gli indici di BIGING E DOBBERTIN (1992) ed HEGYI (1974) poiché, in

un precedente studio (BOLGÈ *op.cit.*), sono risultati quelli in grado di descrivere meglio i rapporti competitivi in atto nei popolamenti cedui di castagno. Per la loro determinazione sono stati scelti, in ogni area di saggio, 19 individui tra quelli che presentavano la migliore conformazione del fusto e della chioma e un maggiore accrescimento diametrico. Per ogni individuo selezionato e per tutti i loro competitori sono stati misurati i parametri necessari per l'applicazione delle formule (tabella 2). Entrambi gli indici sono funzione della distanza con i competitori, con l'area di insidenza delle chiome (BD) e con l'area basimetrica (HY). Per valutare se sussistono differenze significative tra i tre popolamenti in funzione degli indici di competizione, sono stati effettuati l'analisi della varianza e il test di Tukey per confronti multipli (STATISTICA, STATSOFT 2000).

Infine, in ogni popolamento è stato realizzato un transect di struttura, di superficie pari a 630 m<sup>2</sup> (42 x 15) per la visualizzazione della distribuzione individuale dei fusti nello spazio orizzontale e verticale. All'interno del transect si è provveduto a numerare le piante presenti e posizzionarle rispetto ad un sistema di assi cartesiani coincidenti con i lati del transect. Per ciascuna pianta è stata rilevata la specie, la posizione sociale, il diametro ad 1.3 m, l'altezza totale, quella d'inserzione del primo ramo verde e l'area d'insidenza della chioma con la misura di quattro raggi ortogonali.



La determinazione dell'indice di copertura e di ricoprimento e la visualizzazione grafica è stata effettuata con il programma AUTOCAD 14.

## Risultati

### Descrizione dei soprassuoli

I popolamenti esaminati (tabella 3) si differenziano notevolmente per la storia selvicolturale trascorsa (da 1 a 4 diradamenti) che ha condizionato la struttura attuale e la produttività. La minor fertilità stazionale dell'area di Crocione è evidente nel valore di altezza dominante, nettamente e significativamente inferiore rispetto agli altri due popolamenti. I tre soprassuoli analizzati presentano una scarsa densità di ceppaie (da 399 ha<sup>-1</sup> a 553 ha<sup>-1</sup>) riconducibile all'unica ceduzione effettuata per la conversione dei vecchi castagneti da frutto, e buone potenzialità di accrescimento evidenziate dai valori di area basimetrica e di diametro medio.

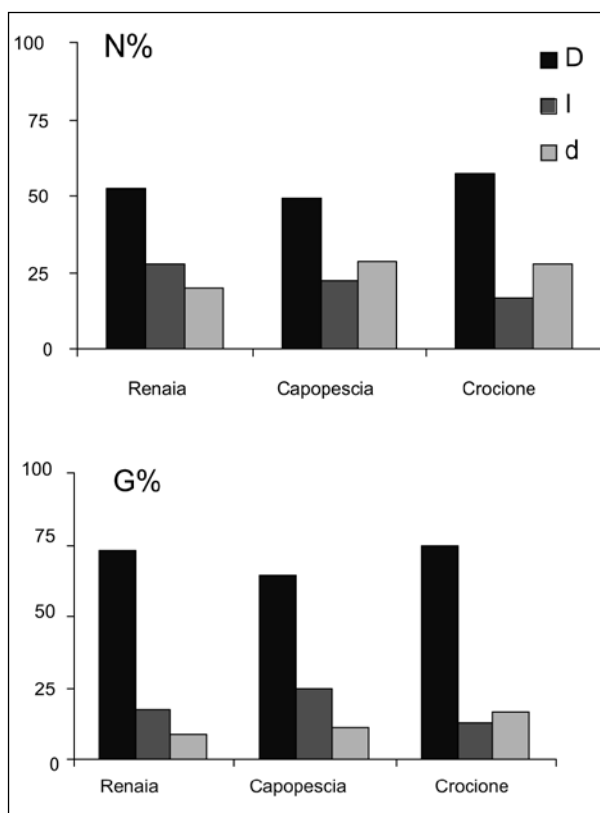
L'analisi dell'articolazione sociale, espressa sia in numero di piante che in area basimetrica (Figura 2) ha permesso di verificare gli effetti degli interventi colturali applicati. In tutte le aree sperimentali la componente attiva del soprassuolo è rappresentata dalla classe sociale dominante, sia in numero (Renaia = 53%, Capopeschia = 49% Crocione = 58%) sia soprattutto in area basimetrica (Renaia = 73%, Capopeschia = 65%, Crocione = 74%). Nei soprassuoli di Crocione (1 diradamento) e Capopeschia (2 diradamenti), si osserva comunque una presenza importante della classe sociale dominata (circa il 30% del numero totale).

I valori di diametro medio si differenziano notevolmente tra le classi sociali, mentre al contrario non si registrano marcate variazioni in altezza, risultato attribuibile alla tendenza della specie a formare strutture monoplane (Figura 3).

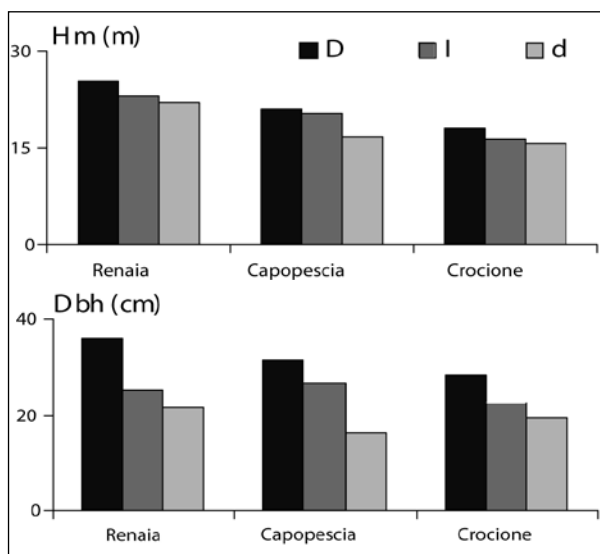
La restituzione grafica dei transect (Figura 4) ha permesso di visualizzare l'articolazione della struttura

**Tabella 3** - Principali parametri dendrometrici nei tre popolamenti.  
 Main dendrometrical parameters of the three stands.

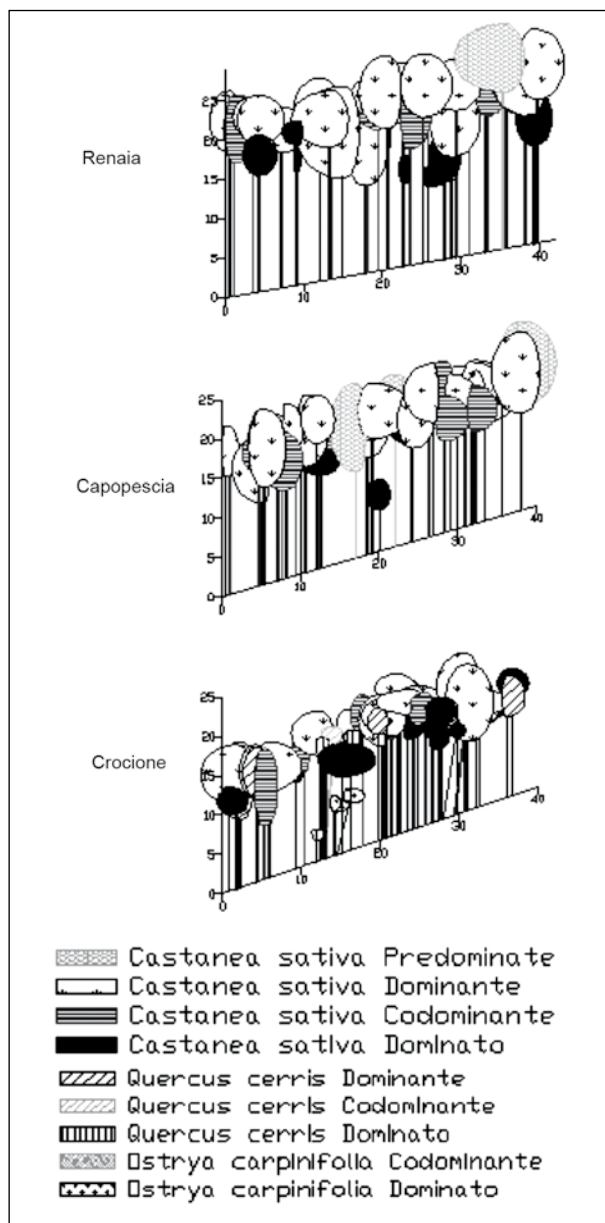
	Renaia	Capopeschia	Crocione
Altezza dominante (m)	26.3	22.3	18.8
Ceppaie (n ha <sup>-1</sup> )	553	446	399
Polloni (n ha <sup>-1</sup> )	553	683	638
Polloni/ ceppaia	1.0	1.5	1.6
Area basimetrica (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	43.63	33.25	31.56
Diametro medio (cm)	31.7	24.9	25.1
Altezza media (m)	24.2	20.0	17.3



**Figura 2** - Distribuzione percentuale del numero di piante e dell'area basimetrica per classi sociali (D = dominante, I = intermedia, d = dominata) nelle tre aree di studio.  
 Percentage distribution of stem number and basal area by social class (D = dominant, I = intermediate, d = dominated) in the examined plots.



**Figura 3** - Altezza media e diametro medio per classe sociale (D = dominante, I = intermedia, d = dominata) nelle tre aree sperimentali.  
 Mean height and mean dbh by social class (D = dominant, I = intermediate, d = dominated) in the three plots.



**Figura 4** - Profilo grafico della struttura verticale nei tre popolamenti esaminati.  
*Vertical structure in the three stands examined.*

e di quantificare i parametri descrittivi della copertura (tabella 4). La struttura del soprassuolo di Renaia appare monoplana e semplificata, caratterizzata da un buon grado di copertura e di ricoprimento ( $C = 74\%$ ,  $R = 109\%$ ) e da chiome ampie ed equilibrate. L'area di Capopeschia presenta una copertura del soprassuolo continua e soddisfacente ( $C = 92\%$ ,  $R = 123\%$ ) con area d'insidenza delle chiome della classe dominante molto elevata ( $25.3 \text{ m}^2$ ). Il popolamento di Crocione risente in modo evidente dell'unico intervento colturale eseguito recentemente (2003) e in età tardiva (40 anni)

**Tabella 4** - Caratteristiche della chioma e della copertura nelle tre aree sperimentali.  
*Crown characteristics and canopy cover in the examined areas.*

	Area insidenza $\text{m}^2$			Profondità chioma m			Ricoprimento %	Copertura %
	D	l	d	D	l	d		
Renaia	27.9	10.6	9.9	7.7	6.4	4.5	109	74
Capopeschia	25.3	15.7	3.8	7.4	4.7	3.5	123	92
Crocione	17.5	6.7	8.0	5.6	4.5	2.9	118	60

che ha causato una riduzione del grado di copertura ( $C = 60\%$ ), mantenendo però allo stesso tempo un elevato grado di ricoprimento ( $R = 118\%$ ). Tali parametri indicano che, nonostante il diradamento effettuato, il soprassuolo mantiene ancora una discreta complessità strutturale e l'intervento non ha ancora inciso sull'espansione delle chiome (area insidenza media del piano dominante  $= 17.5 \text{ m}^2$ ).

#### Analisi degli indici scelti

Gli indici scelti reperiti in letteratura sono riusciti a registrare i mutamenti sia della struttura arborea sia dei meccanismi di competizione causati dai diversi interventi colturali applicati all'interno dei tre popolamenti esaminati (tabella 5).

Gli indici di biodiversità indicano popolamenti praticamente monospecifici; solo nell'area Crocione l'indice di Shannon, pari a 0.5, evidenzia la presenza di altre specie tra cui il cerro che accede sia al piano dominante come matricina sia nel piano dominato.

L'analisi degli indici di diversità distributiva ( $H'$ ) e di uniformità ( $E$ ) ha evidenziato che i popolamenti esaminati risultano tendenzialmente uniformi, cioè caratterizzati da una distribuzione regolare dei fusti nelle varie classi diametriche. Poiché tale uniformità è stata registrata anche nel soprassuolo di Crocione recentemente diradato, se ne deduce che il diradamento effettuato è stato di tipo misto e di bassa intensità.

I tre popolamenti, nonostante la diversa età e il differente numero di interventi applicati nel corso del tempo, presentano una distribuzione della microstruttura nello spazio orizzontale tendente alla regolarità, definita dai valori dall'indice di PIELOU inferiori ad 1. La macrostruttura, stabilita dall'indice di COX, risulta essere regolare per i popolamenti di Renaia e Crocione mentre si osserva una distribuzione delle ceppaie casuale per l'area di Capopeschia. L'indice di WINKELMASS, calcolato sui singoli polloni, indica invece una distribuzione casuale in tutte le aree.

La variabilità strutturale lungo il profilo verticale

**Tabella 5** - Principali indici di diversità specifica, distributiva e strutturale delle tre aree permanenti.  
*Main specific diversity, distributive and structural index analysed in the three experimental plots.*

	Diversità specifica		Diversità distributiva		Diversità orizzontale			Diversità verticale
	SH	SI	H'	E	CI	PI	W	VE
	<i>(H' max = 1.8)</i>							
Renaia	0.0	0.0	1.0	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6
Capopeschia	0.0	0.0	1.2	0.7	1.0	0.6	0.5	0.7
Crocione	0.5	0.4	0.9	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8

dei tre soprassuoli è data dai valori dell'indice VE. I popolamenti risultano monoplani e a struttura piuttosto semplificata; solo nell'area Crocione si osserva una distribuzione delle piante leggermente più articolata (VE = 0.8).

Il processo di competizione in atto nei tre popolamenti è ben rappresentato dagli indici utilizzati (Figura 5). All'aumentare del numero degli interventi selvicolturali eseguiti si ha infatti una diminuzione statisticamente significativa di entrambi gli indici di competizione (BD - F = 4.84, p = 0.001; HY - F = 30.23, p = 0.00). L'indice di BIGING e DOBBERTIN, che nella sua formulazione considera come parametro le aree di insidenza delle chiome, è risultato quello che registra meglio gli effetti del trattamento.

L'area di Renaia presenta un grado di competizione molto basso (0.29 e 0.61) sia per la maturità del popolamento sia perché è stata sottoposta a 4 interventi di diradamento. La minor colturalità applicata alle altre due aree si riflette sui processi di competizione e si manifesta nell'aumento dei valori degli indici, significativamente differenti da quelli registrati a Renaia. L'area Crocione, della stessa età rispetto a Capopeschia ma sottoposta ad un solo diradamento, mostra indici tendenzialmente più elevati anche se statisticamente le differenze non sono significative.

## Discussione

Nelle tre aree sono stati realizzati interventi finalizzati al recupero produttivo del soprassuolo, con lo scopo di costituire popolamenti con fisionomia simile alla fustaia per produrre legname di qualità.

In tutti i soprassuoli gli elevati valori di area basimetrica, la presenza di un piano dominante differenziato e ricco di individui ben conformati, l'alta differenziazione diametrica tra le classi sociali, la copertura del suolo continua e lo sviluppo soddisfacente delle chiome sono gli effetti della colturalità applicata e di una buona fertilità stagionale.

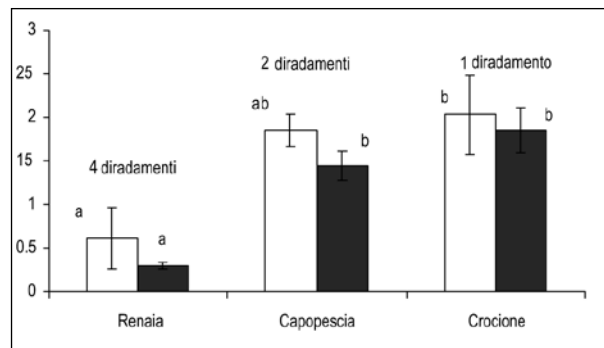
Nell'area Renaia, dove è stato attuato un trattamento selvicolturale puntuale (con quattro diradamenti) sono state esaltate le potenzialità e le caratteristiche della specie. In questo popolamento è stata realizzata una condizione strutturale riconducibile ai protocolli gestionali suggeriti da AMORINI e GAMBÌ (1977), GAMBÌ (1988), BOURGEOIS (1992), AMORINI *et al.* (2002) i quali prevedevano turni variabili da 40 a 70 anni con l'obiettivo di costituire a fine ciclo un soprassuolo con densità piuttosto ridotta (da 150 a 600 piante ad ettaro), caratterizzato da individui ben conformati e di buone dimensione diametriche.

Nell'area Capopeschia (sottoposta a due interventi colturali) la presenza di un piano dominato e intermedio di buono sviluppo, l'elevata copertura e i numerosi polloni per ceppaia suggeriscono che sarebbe stato necessario eseguire un altro diradamento.

Nell'area Crocione l'unico intervento colturale eseguito è stato di debole intensità e di tipo misto, come si osserva dalla presenza di un piano dominato ancora consistente; il diradamento non ha così contribuito alla semplificazione della struttura e all'esaltazione delle potenzialità della specie.

Gli indici sintetici utilizzati sono riusciti a differenziare e quantificare, in funzione della storia selvicolturale pregressa, la complessità strutturale dei tre soprassuoli studiati.

La predominanza della specie nel comprensorio e le condizioni ecologiche che favoriscono il castagno non hanno incoraggiato l'ingresso di altre specie arboree all'interno delle aree sperimentali. Solo nel popolamento di Crocione, in evoluzione naturale fino all'età di 40 anni, è stato osservato un leggero incremento di biodiversità della componente arbo-



**Figura 5** - Valori degli indici di competizione di Biging e Dobbertin (□) ed Hegyi (■) nelle tre aree sperimentali.  
*Biging and Dobbertin (□) and Hegyi (■) competition indexes in the three stands.*

rea. I maggiori valori degli indici di SHANNON e SIMPSON registrati in questa area sono dovuti alla presenza del cerro sia nel piano dominante come matricina sia come rinnovazione affermata nei piani codominante e dominato.

La distribuzione dei diametri è un buon indicatore della struttura del popolamento e un determinante della diversità biologica (BUONGIORNO *et al. Op.cit.*). I valori degli indici H' ed E permettono di stabilire la necessità di un intervento colturale nell'area di Capopescia in quanto l'effetto dei diradamenti passati si è già esaurito e si è ricostituito un piano dominato di buono sviluppo. Allo stesso modo nell'area Crocione i valori degli indici indicano che le modalità di esecuzione dell'intervento selvicolturale non hanno inciso in modo determinante sul soprassuolo.

La macrostruttura orizzontale dei soprassuoli analizzati presenta una tessitura da casuale (Capopescia) a regolare (Renaia e Crocione), mentre la microstruttura è regolare nelle tre aree. Le informazioni riguardanti il tipo e l'età degli interventi effettuati sono assenti, ma dall'analisi degli indici di struttura orizzontale è interessante rilevare che i tre soprassuoli hanno perso la distribuzione aggregata tipica dei popolamenti cedui ed è quindi avvenuto un miglioramento dello sfruttamento del biospazio. Come già affrontato in letteratura per popolamenti cedui di castagno (MANETTI *et al. op.cit.*), diradamenti sporadici e di forte intensità creano strutture di tipo aggregato, mentre a diradamenti regolari nel tempo corrispondono strutture con distribuzioni da casuale a regolare. Dai risultati ottenuti è possibile dedurre che i popolamenti analizzati (Renaia e Capopescia) non sono stati sottoposti ad interventi casuali e di forte intensità ma piuttosto a diradamenti regolari nel tempo. Un caso particolare è invece il soprassuolo di Crocione, in evoluzione naturale fino a tarda età, dove il taglio eseguito non ha ridotto in modo consistente il piano dominato e ha mantenuto un alto livello di competizione; di conseguenza il diradamento in questione non è riuscito ad esaltare le potenzialità della stazione e della specie.

Gli interventi selvicolturali incidono anche sulla struttura verticale del soprassuolo; i parametri analizzati indicano tendenzialmente strutture più articolate in funzione del numero dei diradamenti eseguiti.

Gli indici di competizione descrivono in modo sintetico lo stato di competizione esistente tra gli alberi di un determinato popolamento. La maggior

parte delle indagini sugli indici di competizione hanno interessato piantagioni con sesto di impianto regolare, solo poche esperienze hanno riguardato soprassuoli di latifoglie (LIOTTO e TABACCHI *op.cit.*, PRE'VOSTO *op.cit.*). Per quanto riguarda i cedui di castagno quanto più è lungo il turno, tanto più forte è la competizione tra le ceppaie vicine. Valori superiori a 800 ceppaie ad ettaro comportano un'elevata competizione e, di conseguenza, un'altrettanta forte mortalità (DEL FAVERO 2004). Gli indici applicati riescono a descrivere bene sia la competizione a livello individuale sia l'effetto del trattamento selvicolturale. In Renaia la competizione è minima, sia per l'effetto dei quattro interventi eseguiti sia per la maturità del soprassuolo, fattori che hanno contribuito a determinare rapporti sociali più definiti. I valori registrati nell'area di Capopescia riflettono la distribuzione spaziale e la disponibilità di risorse non totalmente ottimizzate dal trattamento, per la mancanza di un ulteriore diradamento. Il diradamento tardivo e di debole intensità eseguito nell'area Crocione si è inserito in una fase di elevata concorrenza tanto, da non influire significativamente sulla competizione interindividuale.

## Conclusioni

La struttura, la densità e la diversità sono parametri utilizzati per valutare sia la dinamica dei popolamenti sia i processi di competizione in atto. Per tali motivi gli aspetti strutturali non possono essere esclusi nelle scelte gestionali (MALTONI e PACI, 2001). L'introduzione di indici sintetici si rende così utile ai fini della programmazione di interventi culturali, in associazione alle convenzionali metodologie dendrometriche.

Informazioni particolareggiate sul regime dei diradamenti eseguiti nei soprassuoli esaminati, tutti di proprietà privata, non sono risultate disponibili. Nonostante ciò gli indici scelti sono riusciti a descrivere bene l'effetto del trattamento applicato.

La semplicità di calcolo, la facilità e la velocità di rilievo in bosco rendono gli indici sintetici sperimentati adatti ad essere utilizzati sia come parametri descrittivi della struttura e della competizione dei popolamenti forestali, sia come strumenti utili per la pianificazione degli interventi futuri.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il personale tecnico Luigi

Mencacci e Mario Ceccarelli per il prezioso contributo nella fase di raccolta dei dati sperimentali.

## Bibliografia

- AGUIRRE O., HUI G., VON GODOW K., JIMENEZ J., 2003 – *An analysis of spatial forest structure using neighbourhood based variables*. Forest Ecology and Management 81 (3): 137 – 145.
- AMORINI E., 1994 – *Evoluzione della struttura, della composizione specifica e della biometria in una cerreta mista di origine cedua, in funzione del trattamento*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992):7-40.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C., 1998 – *La sostenibilità della produzione legnosa di qualità del ceduo di castagno: modello di trattamento alternativo al ceduo a turno breve*. Atti del Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino (Treviso), 23-25 ottobre 1997: 217-231.
- AMORINI E., CUTINI A., MANETTI M.C., 2002 – *Il ceduo di castagno a turno lungo: una via sostenibile per la produzione di legname di qualità*. Atti del Convegno Nazionale Castagno 2001, Marradi 25-27 ottobre 2001: 317-325.
- BIGING G. S., DOBBERTIN M., 1992 – *A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees*. For. Sci. 38 (3): 695-720.
- BIGING G. S., DOBBERTIN M., 1995 – *Evaluation of competition indices in individual tree growth models*. For. Sci. 2:360-375.
- BOLGE' R., 2001 – *Studio sullo sviluppo dei polloni di castagno (Castanea sativa Mill.) sottoposti a differenti interventi selvicolturali*. Lavoro di diploma Politecnico Federale di Zurigo Facoltà di Scienze Forestali, Cattedra di Selvicoltura 86 pp.
- BUONGIORNO J., DAHIR S., LU H.C., LIN C.R., 1994 – *Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stands*. For. Sci. 40 (19): 83-103
- BURGEOS C., 1992 – *Le chataignier. Un arbre, un bois*. Institut pour le developpement forestier, IDF, 367pp.
- CIANCIO O., CUTINI A., MERCURIO R., VERACINI A., 1986 – *Sulla struttura della pineta di pino domestico di Albarese*. Ann.Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVII: 171 – 231.
- CONEDERA M., STANGA P., OESTER B., BACHMANN P., 2001- *Competition and dynamics in abandoned chestnut orchards in southern Switzerland*. For. Snow. Landscape. Res. 76: 487 – 492.
- CORONA P., D'ORAZIO P., LAMONACA A., PORTOGHESI L., 2005 – *L'indice di Winkelmass per l'inventariazione a fini assestamentali della diversità strutturale di soprassuoli forestali*. Foresta 2 (2): 225 – 232.
- CROW T.R., HANEY A., WALLER D.M., 1994 – *Report on the scientific roundtable on biological diversity*. Technical Report NC-166. USDA Forest Service, N.C. Forest Experimental Station, Saint Paul, Minnesota, USA.
- DEL FAVERO R., 2004 – *I boschi delle regioni Alpine Italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP srl, 597p.
- DEL RIO., MONTES F., CANELLAS I., MONTERO G., 2003 – *Diversidad structural en masas forestales*. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. 12 (1): 159 – 176.
- FABBIO G., MANETTI M.C., BERTINI G., 2006 – *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. Structural and species diversity of the tree community*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo 30, Suppl. 2: 17 – 28.
- FONTI P., CHERUBINI P., ANDREAS R., WEBER P., BIGING G., 2006 – *Tree rings show competition dynamics in abandoned Castanea sativa coppices after land-use changes*. Journal of Vegetation Science 17: 103 – 112.
- GAMBI G., AMORINI E., 1977 - *Aspetti particolari nella conversione d'un ceduo di castagno in fustaia a produzione di legno*. Giornata del castagno, Caprese Michelangelo (Arezzo): 253 – 256.
- GIAMBASTIANI M., MALTONI A., CIA M., 2004 - *La vegetazione forestale delle colline e delle montagne lucchesi. Alberi monumentali ed elementi caratteristici*. Ed., Pegaso s.r.l., Lucca, 158 p.
- LADERMANN T, R. STAGE A., 2001 – *Effects of competitor spacing in individual – tree indices of competition*. Can. J. For. Res. 31: 2143 – 2150.
- LIOTTO A, TABACCHI G., 1993 – *Gli indici di competizione nei modelli di previsione della produzione e dell'accrescimento delle formazioni forestali*. ISAFSA Comunicazione di ricerca 93/2: 3-20.
- MALTONI A., PACI M., 2001 – *“Strutture spaziali in castagneti abbandonati della Toscana: relazioni con il dinamismo della vegetazione”*. Monti e Boschi n. 6 :14 – 20.
- MANETTI M.C., AMORINI E., BECAGLI C., 2000 – *Gestione selvicolturale e tipologie strutturali nei popolamenti di castagno del Pratomagno Casentinese*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXXI: 109-118.
- MANETTI M.C., AMORINI E., BECAGLI C., 2004 - *Valorizzazione e recupero dei popolamenti di castagno da legno*. Sherwood 106: 5-10
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O.I., 2004 – *Effetto del trattamento di avviamento ad altofusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di cerro*. C. R. A. - Ann. Ist. Sper. Per la Selv. Progetto Arsia- Regione Toscana, Selvicoltura Sostenibile nei Boschi Cedui - Arezzo, XXXIII (2002 – 2004): 105-114.
- NEUMANN M., STARLINGER F., 2001 – *The significance of different indices stand structure and diversity in forest*. Forest Ecology and Management 145 (1-2):91-106.
- OLIVER C.D., LARSON B.C., 1996 – *Forest Stand Dynamics*. Uptated ed., Wiley, New York 520 p.
- PACI M., BIANCHI L., MALTONI A., MARIOTTI B., 2003 – *I castagneti da frutto abbandonati della Toscana. Tipologia evolutiva e indirizzi gestionali*. 79pp.
- PIVIDORI M., 1997 – *Dinamica evolutiva di un popolamento ceduo di castagno dell'alto Canevese (TO)*. L'Italia forestale e montana, anno LII, (5): 367 – 384.

- PIVIDORI M., ARMANDO F., CONEDERA M., 2006 – *Dinamiche post-colturali in un ceduo misto di castagno ai suoi limiti ecologici*. Forest@ 3 (1): 86- 90.
- POMMERING A., 2002 – *Approaches to quantifying forest structure*. Forestry, 75 (3): 305-324.
- PRE'VOSTO B., 2005 – *Les indices de compétition en foresterie: exemples d'utilisation, intérêts et limites*. Rev. For. Fr. LVII -5: 413 -430.
- PRETZSCH H., 1997 – *Analysis and modeling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony*. Forest ecology and Management 97 (3):237-253.
- PRETZSCH H., 1999 – *Structural diversity as a result of silvicultural operations*. In: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. Olsthoorn A.F.M., Berelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., HeKhuis H.J., Franc A. (Eds.) IBN Scientific Contributions 15:157-174.
- REINEKE L. H., 1933 – *Perfecting a stand density index for even-aged stands*. J. Agric. Res. 46, 627 – 638.
- SHANNON C.E., 1948 – *The mathematical theory of communication*. In Shannon C.E., Weaver W. (Eds.), the Mathematical Theory of Communication. University of Illinois press, Urbana: 29 – 125.
- SIMPSON E. H., 1949 – *Measurement of diversity*. Nature 163, 688 pp.
- STAUDHAMMER C. L, LEMAY V.M., 2001 – *Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity*. Can. J. For. Res. 31: 1105 – 1115.
- STATSOFT., 2000 - *General conventions and statistics I*. 2000.
- TOME' M, VERWIJST T., 1996 – *Modelling competition in short rotation forests*. Biomass and Bioenergy Vol 11, Nos 2/3:177-187.
- VON GADOW K, HUI G.Y., ALBERT M., 1998 – *Das Winkelmaß ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen*. Centralbl. Fur das ges. Forstw. (115):1-10.
- ZENNER E. K., HIBBS D.E., 2000 – *A new method for modeling the heterogeneity of forest structure*. Forest Ecology and Management 129 (2000): 75 – 87.

# Prove di avviamento ad altofusto in un ceduo di cerro (*Quercus cerris* L.) del Gargano: primi risultati

Orazio La Marca<sup>1</sup>, Silvano Avolio<sup>2</sup>, Matteo Tomaiuolo<sup>2\*</sup>

*Accettato il 20 giugno 2008*

**Riassunto** – Il presente studio riporta i risultati, ottenuti dopo dieci anni di osservazioni, in prove sperimentali di avviamento a fustaia condotte in un ceduo invecchiato di cerro a 35 anni dall'ultima ceduzione. Sono state messe a confronto l'evoluzione naturale del ceduo e due diverse intensità di tagli di avviamento ad altofusto. Nelle aree sottoposte ad intervento sono stati rilasciati circa 600 e 800 allievi ad ettaro. Il controllo è rappresentato da aree lasciate all'evoluzione naturale. A distanza di 10 anni dai tagli dall'avviamento i soprassuoli hanno assunto una struttura monoplana, tipica della fustaia coetanea, nonostante una certa differenziazione fisionomica dovuta alla presenza di alcune vecchie matricine, appositamente rilasciate per aumentare gli aspetti estetici dei soprassuoli. Nelle aree testimoni si è avuta una consistente riduzione numerica degli individui presenti. Nelle aree convertite ad altofusto le variazioni numeriche dovute a mortalità oppure a danni da agenti meteorici, sono trascurabili.

**Parole chiave:** *ceduo, cerro, conversione, mortalità.*

**Abstract** – *Conversion trials in turkey oak (*Quercus cerris* L.) coppices of Gargano (Puglia, Italy): first results.* Six plots have been drawn in an aged turkey oak coppice stand, 35 years after last clearcut. Compared treatments are: natural evolution of the coppice without thinning versus two thinning regimes with different intensity, both aimed to convert the stands into high forests. From 600 to 800 stems per hectare were released in the conversion plots. Plots, drawn and treated in 1996, have been measured before and immediately after thinning and remeasured five and ten years later. Conversion is successfully proceeding, the stands are assuming a high forest structure with a markedly dominated understory layer. In control plots many stems died while in the thinned stands no damage or significant natural selection occurred.

**Key words:** *coppice, turkey oak, conversion into high forest, mortality.*

*F.D.C.: 226 : 176.1 Quercus cerris : (450.75)*

## Introduzione

La ricerca è stata effettuata in soprassuoli a prevalenza di cerro che costituiscono le formazioni forestali tra le più estese e, per questo, tra le più importanti del Gargano, da molteplici punti di vista.

Secondo LA MARCA e VIDULICH (1989) le cerrete del Gargano, senza considerare gli impianti recentemente effettuati nell'ambito del regolamento CEE 2080/92, occupano una superficie di 17.445 ettari, di cui 8.097 ettari costituiscono formazioni pure o a prevalenza di cerro e 9.348 ettari sono ricoperti da boschi misti di cerro ed altre latifoglie (faggio, carpino bianco e nero, orniello, acero opalo e campestre, roverella, leccio).

I popolamenti qui esaminati, di origine agamica, ricadono in Zona 1 del Parco Nazionale del Gargano, ossia nella fascia in cui i vincoli posti dalle norme di salvaguardia impongono una gestione maggiormente improntata a criteri naturalistici.

La proprietà pubblica dei soprassuoli oggetto di studio, l'istituzione dell'area protetta, le scarse prospettive di mercato degli assortimenti ritraibili dai boschi cedui, rappresentano fattori favorevoli al cambiamento della forma di governo. L'interesse per la gestione dei cedui in generale, e per gli aspetti tecnici della loro conversione in fustaie, sono stati ampiamente documentati soprattutto negli ultimi decenni; non pochi Autori hanno infatti esaminato e discusso le problematiche connesse al mantenimento del governo a ceduo o della conversione ad altofusto (AMORINI *et al.* 1979; SUSMEL 1981; BERNETTI 1983; CIANCIO 1983 e 1990). Numerosi studi sono stati appositamente realizzati in cedui di cerro, contribuendo ad una migliore conoscenza delle dinamiche evolutive conseguenti agli interventi selvicolturali; alcuni di questi studi hanno riguardato, in particolare, gli effetti di differenti intensità di matricinatura sulla rinnovazione gamica, sul ricaccio dei polloni e sulla produttività

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali

<sup>2</sup> CRA - Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo, Cosenza

\* Autore corrispondente [matteo.tomaiuolo@entecra.it](mailto:matteo.tomaiuolo@entecra.it). Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

legnosa dei cedui (BIANCHI e LA MARCA 1984; CORONA *et al.* 1986; LA MARCA *et al.* 1987; LA MARCA 1991; LA MARCA *et al.* 1996; AMORINI *et al.* 1998a; AMORINI *et al.* 1998b; BERNETTI 1999; AMORINI *et al.* 2002; CANTIANI *et al.* 2002). Prove sperimentali sono state realizzate, inoltre, per confrontare e valutare gli effetti di differenti metodi di avviamento a fustaia (GUIDI 1975; AMORINI e FABBIO 1988 e 1989; LA MARCA *et al.* 2002; FABBIO e AMORINI 2006; AMORINI *et al.* 2006).

Con la presente ricerca si intende valutare sperimentalmente l'effetto di due possibili alternative selvicolturali per i cedui invecchiati: conversione per evoluzione naturale, ovvero per matricinatura intensiva; in questo secondo caso, uno degli aspetti esaminati riguarda l'intensità e il tipo di diradamento. In particolare, il sistema di diradamento adottato è funzionale ad un uso multiplo del bosco, al fine di rendere compatibili produzione legnosa, uso ricreativo, uso pascolivo e aspetti naturalistico-ambientali.

## Materiali e metodi

La sperimentazione è stata eseguita in località "Bosco Cavolecchia", di proprietà del Comune di Manfredonia (FG), ubicata a circa 700 m s.l.m., con pendenze dell'ordine del 20-25% ed esposizione nord nord-est, su terreni Zonali, sottordine B, gruppo delle Terre Brune, famiglia delle terre brune forestali (LIPPI-BONCAMBI 1958). Il clima, tipicamente mediterraneo, è caratterizzato da precipitazioni concentrate per lo più nel periodo autunno-invernale, ed accentuata siccità estiva. Le precipitazioni medie annue ammontano a 826 mm; la temperatura media annua è di circa 13 °C. La vegetazione forestale dell'area oggetto di studio è ascrivibile al *Doronico-Carpinetum* (FALINSKI e PEDROTTI 1990).

Il protocollo sperimentale adottato è stato quello dei blocchi randomizzati; le tesi prese in esame, replicate 2 volte, sono state:

- Tesi A - Taglio di avviamento a fustaia con rilascio di circa 600 allievi ad ettaro (Foto 1);
- Tesi B - Taglio di avviamento a fustaia con rilascio di circa 800 allievi ad ettaro (Foto 2);
- Tesi C - Evoluzione naturale (testimone, Foto 3).

Sono state pertanto individuate e realizzate 6 aree di saggio permanenti, di forma quadrata, aventi superficie di 2.500 m<sup>2</sup> ognuna.

Tra le singole aree e tra queste ed il limite esterno di ogni area sperimentale sono state lasciate fasce di



Foto 1 – Tesi A: avviamento a fustaia con rilascio di 600 piante ad ettaro (foto Avolio).  
*Theses A: conversion into high forest with 600 stems per hectare.*



Foto 2 – Tesi B: avviamento a fustaia con rilascio di 800 piante ad ettaro (foto Avolio).  
*Theses B: conversion into high forest with 800 stems per hectare*



Foto 3 – Tesi C: evoluzione naturale (foto Avolio).  
*Theses C: no thinning.*



rispetto, aventi larghezza di circa 10 m, trattate come l'area di riferimento, in modo da evitare l'effetto margine.

Nelle 6 aree sperimentali, prima degli interventi selvicolturali, sono stati eseguiti i seguenti rilievi: numero di ceppaie, numero di polloni presenti su ciascuna ceppaia e diametro a 1,30 m da terra (soglia di cavallettamento 3 cm) di tutti i soggetti presenti, distinti per specie. Su di un campione di piante appositamente abbattute è stato eseguito il rilievo dei diametri lungo il fusto per la realizzazione della tavola di cubatura ad una entrata; le stesse piante sono state inoltre utilizzate per lo studio della relazione ipsodiametrica (LA MARCA *et al. op. cit.*).

Per quanto concerne le modalità dei tagli di avviamento, si è tenuto conto di alcuni aspetti quali lo stadio di invecchiamento del ceduo, la buona fertilità del suolo, la presenza di bestiame bovino allo stato brado per gran parte dell'anno. Operativamente, gli interventi effettuati hanno assunto il carattere di diradamenti dal basso di forte intensità.

Dal punto di vista prettamente selvicolturale si è operato come segue:

- eliminazione di tutte le piante con diametro inferiore a 7,5 cm;
- diradamento dal basso di forte intensità e rilascio del pollone fenotipicamente migliore per ceppaia;
- rilascio di allievi appartenenti a specie diverse dal cerro (carpini, aceri, roverella) anche se non caratterizzati da buon sviluppo e portamento, allo scopo di favorire il grado di mescolanza del futuro soprassuolo;
- distribuzione tendenzialmente uniforme delle piante su tutta la superficie, al fine di avere una copertura omogenea;
- rilascio di alcune matricine a chioma espansa, con presenza di cavità e comunque di interesse per gli aspetti estetici e naturalistici.

In occasione degli interventi selvicolturali, eseguiti a fine estate 1996 (ossia a circa 35 anni dall'ultima ceduzione), sono stati rilevati i tempi di lavoro, mediante cronotabelle, al fine di analizzare anche gli aspetti di carattere economico e sociale (LA MARCA *et al. op. cit.*).

Nelle aree sottoposte ad intervento le piante rilasciate in piedi dopo il taglio sono state numerate progressivamente con vernice indelebile, allo scopo di seguire l'evoluzione del soprassuolo anche a livello

di singolo individuo. Nelle aree testimoni sono state contrassegnate solo le piante con diametro superiore a 5 cm; quelle con diametro inferiore a tale soglia, pur non numerate, venivano comunque conteggiate nel corso dei rilievi successivi.

Alla fine del 2001 e del 2006, a distanza rispettivamente di 5 e 10 anni dall'avvio della sperimentazione, è stato effettuato il rilievo dei diametri di tutte le piante presenti; nel 2006, inoltre, su un campione di piante in piedi è stato eseguito il rilievo diretto delle altezze mediante canne metriche.

## Risultati

Le analisi statistiche eseguite subito dopo la realizzazione delle aree sperimentali hanno evidenziato l'assenza di differenze significative (sia tra le tesi, sia tra i blocchi) all'inizio della sperimentazione (LA MARCA *et al. op. cit.*).

Le Tabelle 1-3 mostrano i principali parametri dendrometrici dei soprassuoli studiati rispettivamente

**Tabella 1** – Principali parametri dendrometrici al 1996 (inizio della sperimentazione).  
*Stand characteristics before and after 1996 thinning.*

Situazione ante diradamento					
Area di saggio	Tesi	Piante n ha <sup>-1</sup>	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	dg cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	A	4012	35,16	10,6	270,21
4	A	3868	34,93	10,7	272,09
<b>media Tesi A</b>		<b>3940</b>	<b>35,04</b>	<b>10,6</b>	<b>271,15</b>
2	B	3944	34,93	10,6	268,94
5	B	3936	36,58	10,9	285,96
<b>media Tesi B</b>		<b>3940</b>	<b>35,75</b>	<b>10,7</b>	<b>277,45</b>
3	C	4008	33,53	10,3	251,43
6	C	3660	35,51	11,1	277,20
<b>media Tesi C</b>		<b>3834</b>	<b>34,52</b>	<b>10,7</b>	<b>264,31</b>
Entità del diradamento					
Area di saggio	Tesi	Piante n ha <sup>-1</sup>	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	dg cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	A	3408	18,46	8,3	132,28
4	A	3264	16,74	8,1	120,28
<b>media Tesi A</b>		<b>3336</b>	<b>17,60</b>	<b>8,2</b>	<b>126,28</b>
2	B	3120	14,10	7,6	98,85
5	B	3140	15,13	7,8	110,31
<b>media Tesi B</b>		<b>3130</b>	<b>14,61</b>	<b>7,7</b>	<b>104,58</b>
Situazione post diradamento					
Area di saggio	Tesi	Piante n ha <sup>-1</sup>	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	dg cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	A	604	16,69	18,8	137,94
4	A	604	18,18	19,6	151,80
<b>media Tesi A</b>		<b>604</b>	<b>17,44</b>	<b>19,2</b>	<b>144,87</b>
2	B	824	20,83	17,9	170,09
5	B	796	21,45	18,5	175,65
<b>media Tesi B</b>		<b>810</b>	<b>21,14</b>	<b>18,2</b>	<b>172,87</b>
3	C	4008	33,53	10,3	251,43
6	C	3660	35,51	11,1	277,20
<b>media Tesi C</b>		<b>3834</b>	<b>34,52</b>	<b>10,7</b>	<b>264,31</b>

**Tabella 2** – Principali parametri dendrometrici al 2001.  
*Stand characteristics in 2001.*

Area di saggio	Tesi	Piante n ha <sup>-1</sup>	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	dg cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	A	604	19,57	20,3	164,93
4	A	604	21,27	21,2	181,06
<b>media Tesi A</b>		<b>604</b>	<b>20,42</b>	<b>20,7</b>	<b>172,99</b>
2	B	824	23,89	19,2	198,53
5	B	796	24,57	19,8	204,82
<b>media Tesi B</b>		<b>810</b>	<b>24,23</b>	<b>19,5</b>	<b>201,67</b>
3	C	3140	34,22	11,8	266,38
6	C	2904	35,99	12,6	286,71
<b>media Tesi C</b>		<b>3022</b>	<b>35,10</b>	<b>12,2</b>	<b>276,55</b>

**Tabella 3** – Principali parametri dendrometrici al 2006.  
*Stand characteristics in 2006.*

Area di saggio	Tesi	Piante n ha <sup>-1</sup>	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	dg cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
1	A	592	22,68	22,08	195,16
4	A	596	24,21	22,74	209,82
<b>media Tesi A</b>		<b>594</b>	<b>23,44</b>	<b>22,42</b>	<b>202,49</b>
2	B	804	27,14	20,73	230,01
5	B	796	27,61	21,01	233,81
<b>media Tesi B</b>		<b>800</b>	<b>27,37</b>	<b>20,87</b>	<b>231,91</b>
3	C	2276	35,02	13,99	282,14
6	C	2148	36,46	14,70	296,32
<b>media Tesi C</b>		<b>2212</b>	<b>35,74</b>	<b>14,34</b>	<b>289,23</b>

agli inizi della sperimentazione (anno 1996), dopo 5 (2001) e 10 anni (2006).

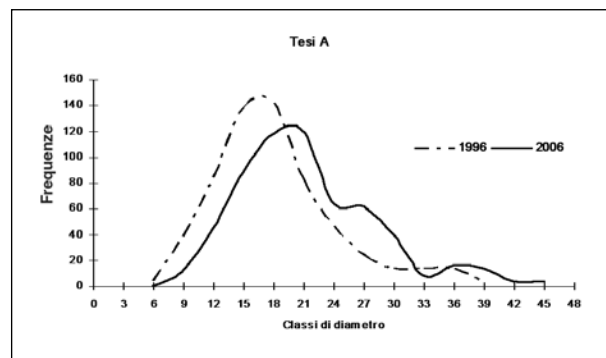
Nelle Figure 1-3 sono riportati i poligoni di frequenza per le tre tesi (valori medi ad ettaro) immediatamente dopo gli interventi ed a distanza di 10 anni.

In occasione del primo rilievo è stato osservato che le piante di cerro, sia di origine gamica, sia di origine agamica, caratterizzavano sostanzialmente la fisionomia del bosco; le altre specie, infatti, a fronte di un alto numero di individui, (60-65% del totale delle piante presenti, Figura 4) costituivano meno del 20% dell'area basimetrica (Figura 5) e rappresentavano il piano dominato del bosco, in quanto caratterizzate da piante di piccolo diametro. A conferma di quanto sopra è sufficiente notare che, nel 1996, il diametro medio delle piante di cerro era compreso tra 15 e 20 cm, mentre quello delle altre specie risultava compreso tra i 5 e 12 cm.

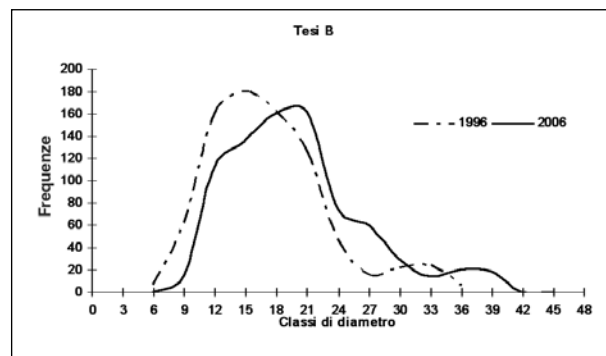
A distanza di 10 anni dagli interventi selvicolturali, le piante di cerro rappresentano in media l'80% e l'84% del totale delle piante presenti, rispettivamente nelle tesi "taglio di avviamento con rilascio di 600 allievi ad ettaro" e "taglio di avviamento con rilascio di 800 allievi ad ettaro" (Figura 6), a cui corrispondono valori percentuali di area basimetrica superiori al 90% (Figura 7).

Nelle aree ad evoluzione naturale la percentuale

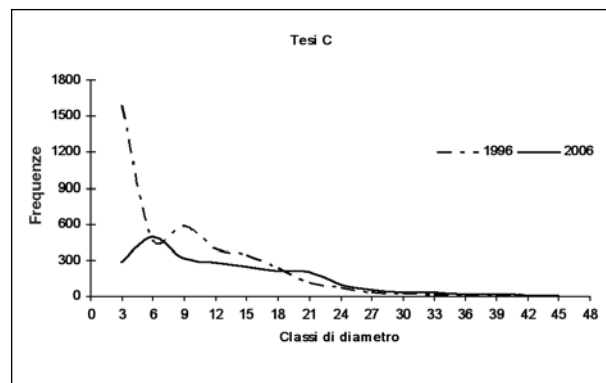
di piante di cerro è aumentata, passando dal 39% (Figura 4) al 61% circa (Figura 6). Quanto sopra è da ascrivere all'effetto della mortalità che ha maggiormente interessato gli individui relegati nel piano dominato, appartenenti prevalentemente alle specie



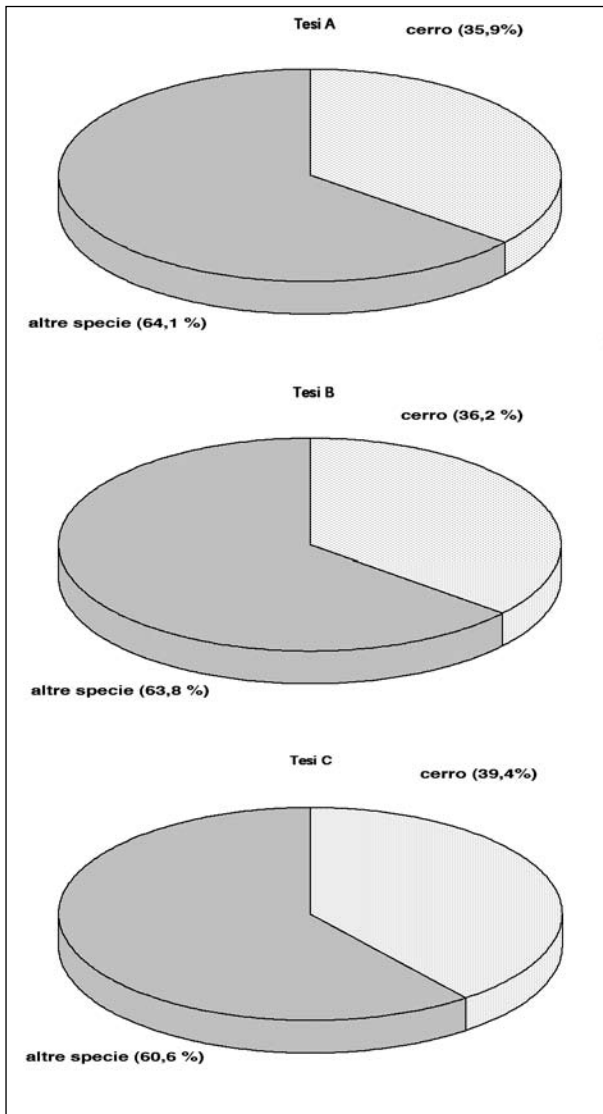
**Figura 1** – Poligoni di frequenza: avviamento a fustaia con rilascio di 600 allievi ad ettaro.  
*Evolution of diameter (dbh) distribution - Thesis A: release of 600 stems*



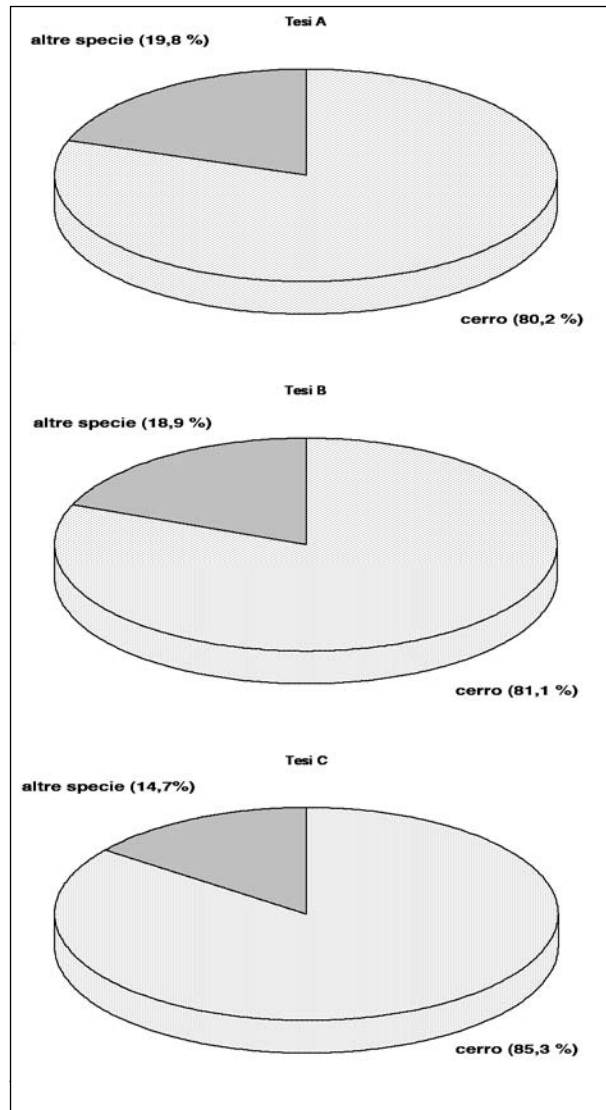
**Figura 2** – Poligoni di frequenza: avviamento a fustaia con rilascio di 800 allievi ad ettaro.  
*Evolution of diameter (dbh) distributio - Thesis B: release of 800 stems per hectare.*



**Figura 3** – Poligoni di frequenza: testimone.  
*Evolution of diameter (dbh) distribution - Thesis C: no thinning.*



**Figura 4** – Rilievo del 1996: differenze percentuali sul numero di individui presenti.  
 1996 species proportions (number of trees, turkey oak and other species).



**Figura 5** – Rilievo del 1996: differenze percentuali in termini di area basimetrica.  
 1996 species proportions (basal area, turkey oak and other species).

consociate al cerro. Variazioni percentuali sono state inoltre riscontrate a carico dell'area basimetrica delle piante di cerro, passata dall'85% all'89% circa, a scapito quindi dell'area basimetrica delle altre specie presenti (Figure 5 e 7). Dinamiche simili, ossia con un aumento percentuale sia del numero di individui, sia in termini di area basimetrica, del cerro rispetto alle specie accessorie, sono state osservate in cedui a prevalenza di cerro sottoposti ad avviamento in provincia di Pisa (FABBIO e AMORINI *op. cit.*), e di Arezzo (AMORINI *et al. op. cit.*).

E' stato inoltre osservato che la mortalità ha influito in maniera differente nei due metodi di conversione

confrontati. Nelle aree sottoposte ai tagli di avviamento, infatti, non si nota una sostanziale differenza tra la mortalità che ha interessato le piante di cerro e quella che ha causato la riduzione degli individui appartenenti ad altre specie; nelle aree sottoposte ad evoluzione naturale, invece, la mortalità ha influito maggiormente sulle piante appartenenti a specie diverse dal cerro.

Nel complesso la mortalità, nell'arco del decennio 1997-2006, è stata modesta nelle aree in cui sono stati eseguiti i tagli di avviamento (in media 10 piante ad ettaro in entrambe le tesi), mentre è stata di notevole entità nelle aree ad evoluzione naturale, in cui sono

state riscontrate perdite di circa 1.600 piante ad ettaro (Tabella 4).

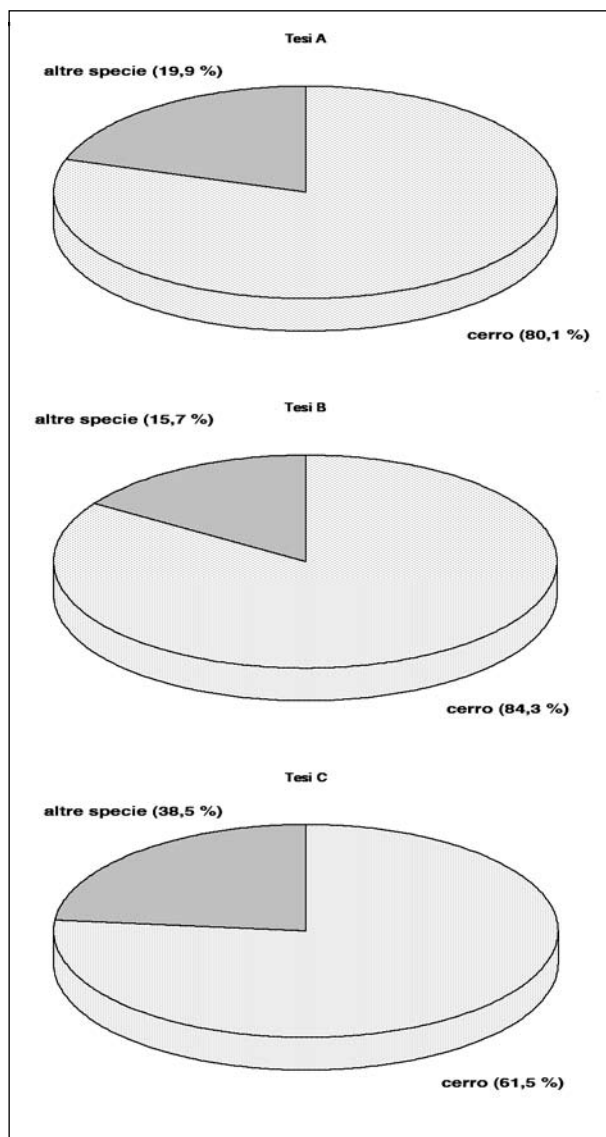
In definitiva, nelle aree testimoni la struttura dei soprassuoli risulta sempre più caratterizzata dal cerro, sia in termini di piante presenti, sia in termini di area basimetrica; le specie appartenenti al carpino bianco, acero campestre e opalo assumono pertanto sempre minore importanza nell'evoluzione del ceduo, tanto da far registrare una diminuzione del valore di area basimetrica (Tabella 5).

I diametri medi, sia a causa dell'accrescimento, sia a causa della mortalità dei polloni appartenenti alle

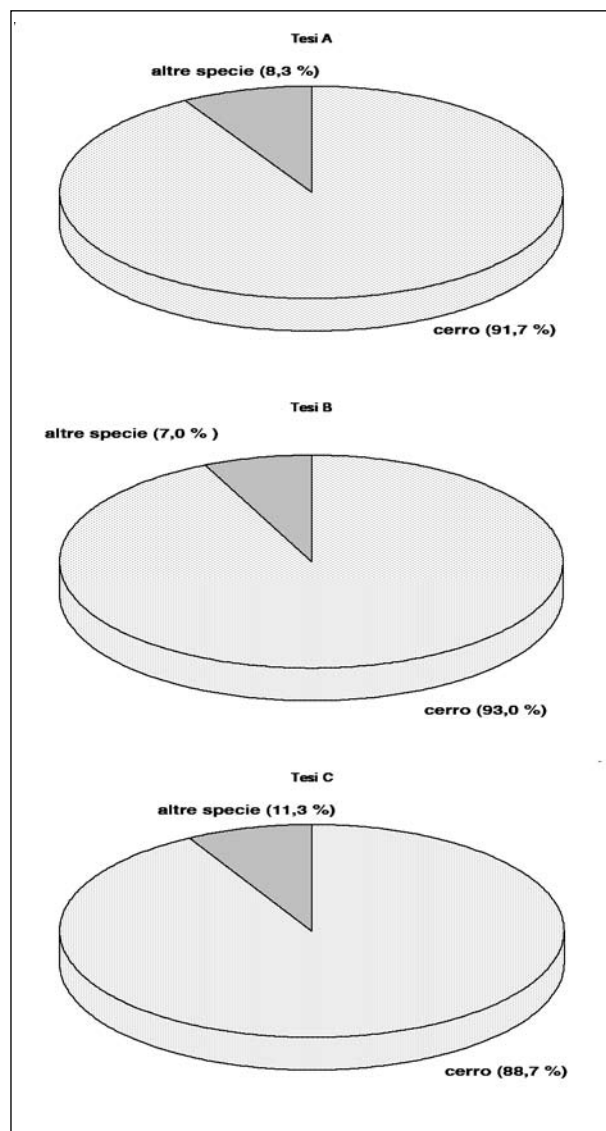
classi diametriche più piccole, sono aumentati in tutte le tesi poste a confronto (Tabella 6).

L'andamento della massa corrente evidenzia un diverso andamento tra le aree diradate e quelle lasciate ad evoluzione naturale (Figura 8). In particolare si nota che:

- le curve di massa corrente relative alle aree sottoposte a diradamento sono sostanzialmente parallele; se ne deduce che gli incrementi di massa sono risultati simili nel periodo osservato;
- la curva delle aree ad evoluzione naturale presenta minore pendenza rispetto alle altre due curve, e



**Figura 6** – Rilievo del 2006: differenze percentuali sul numero di individui presenti.  
 2006 species proportions (number of trees, turkey oak and other species).



**Figura 7** – Rilievo del 2006: differenze percentuali in termini di area basimetrica.  
 2006 species proportions (basal area, turkey oak and other species).

**Tabella 4** - Effetti della selezione naturale sulla variazione del numero di piante ( $n\ ha^{-1}$ ). Medie per tesi.  
*Natural selection effects, thesis mean values, number of stems ( $n\ ha^{-1}$ ).*

Tesi	Anno 1996 (dopo gli interventi)			Anno 2006			Mortalità		
	cerro specie	altre specie	totale	cerro specie	altre specie	totale	cerro	altre	totale
A	484	120	604	476	118	594	8	2	10
B	680	130	810	674	126	800	6	4	10
C	1512	2322	3834	1362	850	2212	150	1472	1622

**Tabella 5** - Effetti della selezione naturale sulla variazione dell'area basimetrica ( $m^2\ ha^{-1}$ ). Medie per tesi.  
*Natural selection effects, thesis mean values, basal area ( $m^2\ ha^{-1}$ ).*

Tesi	Anno 1996 (dopo gli interventi)			Anno 2006			Incremento periodico		
	cerro specie	altre specie	totale	cerro specie	altre specie	totale	cerro	altre	totale
A	16,08	1,36	17,44	21,49	1,96	23,44	5,40	0,60	6,01
B	19,70	1,44	21,14	25,45	1,92	27,37	5,75	0,48	6,23
C	29,45	5,07	34,52	31,72	4,03	35,74	2,27	-1,04	1,22

**Tabella 6** - Effetti della selezione naturale sulla variazione del diametro medio (cm). Medie per tesi.  
*Natural selection effects, thesis mean values, basal area mean dbh (cm).*

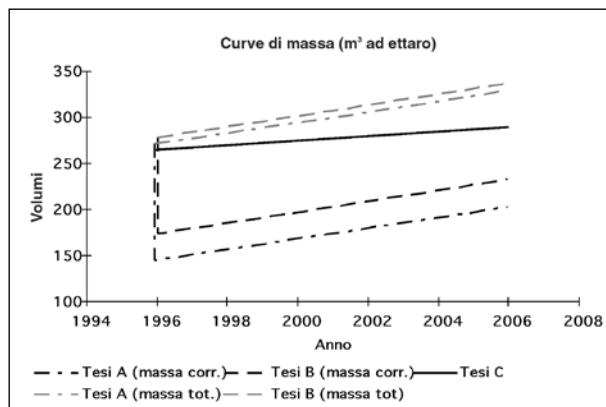
Tesi	Anno 1996 (dopo gli interventi)			Anno 2006			Incremento periodico		
	cerro specie	altre specie	totale	cerro specie	altre specie	totale	cerro	altre	totale
A	20,6	12,0	19,2	24,0	14,5	22,4	3,4	2,5	3,2
B	19,2	11,9	18,2	21,9	13,9	20,9	2,7	2,1	2,6
C	15,7	5,3	10,7	17,2	7,8	14,3	1,5	2,5	3,6

**Tabella 7** - Effetti della selezione naturale sulla variazione della massa legnosa ( $m^3\ ha^{-1}$ ). Medie per tesi.  
*Natural selection effects, thesis mean values, standing volume ( $m^3\ ha^{-1}$ ).*

Tesi	Anno 1996 (dopo gli interventi)			Anno 2006			Incremento periodico		
	cerro specie	altre specie	totale	cerro specie	altre specie	totale	cerro	altre	totale
A	135,1	9,7	144,9	187,7	14,8	202,5	52,6	5,0	57,6
B	162,5	10,3	172,9	217,6	14,3	231,9	55,0	4,0	59,0
C	234,8	29,5	264,3	262,0	27,2	289,2	27,2	-2,3	24,9

quindi l'incremento corrente di massa, nel periodo considerato, è stato inferiore a quello registrato nelle aree sottoposte a tagli di avviamento;

- se tale *trend* dovesse mantenersi anche in futuro, le masse correnti delle aree sottoposte a tagli di avviamento (seppure in tempi differenti) tenderanno ad eguagliare le masse delle aree ad evoluzione naturale;
- il confronto eseguito sulla massa totale conferma quanto sopra (Figura 8).  
 Andamenti speculari degli incrementi di volume



**Figura 8** - Curve di sviluppo della massa (valori medi ad ettaro) nelle tre tesi.  
*Development of standing and total volume (mean values,  $m^3\ ha^{-1}$ ) for all thesis.*

**Tabella 8** - Analisi della varianza degli incrementi di area basimetrica del periodo 1996-2001.  
*1996-2001 basal area growth - ANOVA results.*

Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
tra gruppi	8,0246	2	4,0123	261,9883	0,0004	9,5520
nei gruppi	0,0459	3	0,0153			
totale	8,0705	5				

**Tabella 9** - Analisi della varianza degli incrementi di area basimetrica del periodo 2001-2006.  
*2001-2006 basal area growth - ANOVA results.*

Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
tra gruppi	7,9771	2	3,9885	136,3762	0,0011	9,5520
nei gruppi	0,0877	3	0,0292			
totale	8,0648	5				

in aree sperimentali sottoposte a intervento di avviamento a fustaia, e contemporaneamente superiori a quelli ottenuti in aree soggette all'evoluzione naturale confermano in definitiva quanto osservato da altri Autori (AMORINI e FABBIO *op. cit.*; AMORINI, *et al. op. cit.*; FABBIO e AMORINI *op. cit.*).

Gli incrementi correnti di area basimetrica nei periodi 1996-2001 e 2001-2006 sono stati sottoposti ad analisi statistica; l'ANOVA ha evidenziato che, in entrambi i periodi, le differenze sono statisticamente significative (Tabelle 8 e 9).

## Considerazioni e conclusioni

Gli interventi selvicolturali analizzati nel presente lavoro trovano ampia giustificazione nella opportunità di valorizzazione dei soprassuoli di cerro di origine agamica, nella necessità di accrescerne la stabilità bioecologica e di aumentarne il potenziale estetico e turistico-ricreativo. Inoltre esso rende compatibili produzione legnosa, uso ricreativo e uso pascolivo (gestione integrata).

Il diradamento effettuato, eliminando la componente dominata, riducendo la stratificazione delle chiome ed interrompendo la continuità della copertura arborea, ha differenziato in modo sostanziale le caratteristiche strutturali del popolamento. Per effetto della competizione tra gli individui arborei, nelle aree testimoni si è avuta una notevole mortalità; nelle aree sottoposte ai tagli di avviamento, indipendentemente dall'intensità degli stessi, la mortalità è invece risultata trascurabile. Dal punto di vista produttivo, le aree sperimentali in cui sono state rilasciate rispettivamente circa 600 e 800 allievi ad ettaro hanno fatto registrare incrementi periodici di massa (1996-2006) di circa 58-59 m<sup>3</sup> ad ettaro, contro i circa 25 m<sup>3</sup> ad ettaro delle aree rilasciate ad evoluzione naturale.

Gli aspetti socio-economici degli interventi di avviamento eseguiti nelle aree in esame sono stati dettagliatamente analizzati da LA MARCA *et al.* (*op. cit.*); ai fini del presente lavoro viene ancora una volta rimarcato il concetto secondo il quale l'abbandono dei boschi alla loro evoluzione naturale non rappresenta di certo un aspetto positivo, sia dal punto di vista economico, sia da quello sociale.

Ulteriori considerazioni sulle opzioni selvicolturali poste a confronto riguardano alcune ricadute che l'utilizzo di biomasse, provenienti da una gestione sostenibile dei boschi, hanno sull'ambiente e sull'accumulo di gas che contribuiscono al surriscaldamento del pianeta. Si tratta di relazioni ormai sufficientemente note che esulano dalle finalità specifiche della ricerca ma che, comunque, vanno considerate. In sostanza, lo sfruttamento energetico delle biomasse forestali rappresenta una grande opportunità per le aree boscate, in quanto originerebbe un circolo virtuoso di *conservazione-utilizzo* delle risorse naturali che lega la gestione selvicolturale del bosco anche alla produzione a fini energetici, con evidenti ripercussioni positive sia dal punto di vista sociale (occupazione di manodopera), sia dal punto di vista ambientale (ridu-

zione delle immissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, come previsto dagli accordi di Kyoto).

I risultati ottenuti, per quanto preliminari, dimostrano che i tagli di avviamento attuati, per quanto classificabili di forte intensità, non hanno alterato la capacità produttiva dei soprassuoli e, in definitiva, la loro funzionalità.

Col prosieguo della ricerca ci si propone di valutare, in futuro, l'eventuale numero e l'intervallo di ripetizione degli interventi, fino all'avvenuta conversione, al fine di definire oggettivamente, ossia per via sperimentale, il modulo di gestione selvicolturale più idoneo nel caso si intendano operare scelte di cambiamento nella forma di governo per i soprassuoli cedui a prevalenza di cerro del Gargano.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Comune di Manfredonia per aver consentito la realizzazione delle aree sperimentali. Si ringraziano altresì due anonimi Revisori, per i preziosi suggerimenti forniti.

## Bibliografia

- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M. G., FABBIO G., 1998a - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppices. Structure, biomass and selvicoltural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 121-130.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M. G., FABBIO G., 1998b - *Intensity of standard release and shoots dynamics in a Turkey oak (Quercus cerris L.) coppices. First contribution*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 105-111.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - *Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento selvicolturale*. In Ferretti M., Frattegiani M., Grohmann F., Savini P., (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- AMORINI E., FABBIO G., 1988 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione*. Primo contributo. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVII (1986): 7-101.
- AMORINI E., FABBIO G., 1989 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione*. Studio auxometrico. Secondo contributo. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVIII (1987): 19-70.
- AMORINI E., FABBIO G., CANTIANI P., 2006 - *Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo di Valsavignone (Arezzo)*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-2004): 115-132.

- AMORINI E., FABBIO G., GAMBÌ G., 1979 - *Sistema di diradamento del bosco ceduo per l'avviamento all'altofusto. Sperimentazione in prospettiva dell'uso multiplo con il pascolo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, X: 1-24.
- BERNETTI G., 1983 - *I cedui di querce caducifoglie*. Cellulosa e Carta, V: 6-12.
- BERNETTI G., 1999 - *Conseguenze della matricinatura nei cedui di querce (*Quercus cerris* L. e *Quercus pubescens* Willd.) di buona fertilità con turno superiore a 15 anni*. Monti e Boschi (2): 30-31.
- BIANCHI M., LA MARCA O., 1984 - *I cedui di cerro nella provincia di Viterbo. Ricerche dendrometriche ed allometriche in relazione ad una ipotesi di matricinatura intensiva*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria ed Auxometria (10): 41-70.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002 - *Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM*. In Ferretti M., Frattegiani M., Grohmann F., Savini P., (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- CIANCIO O., 1983 - *Considerazioni sul problema ceduo: obiettivi e ipotesi di sviluppo*, L'Italia agricola, CXX (10-12): 87-102.
- CIANCIO O., 1990 - *La gestione del bosco ceduo: analisi e prospettive*. L'Italia Forestale e Montana, (1): 5-10
- CORONA P., LA MARCA O., SCHIRONE B., 1986 - *Ricerche sull'ottimizzazione della intensità di matricinatura nei cedui di cerro: I - Il ceduo composto a maturità*. Ann. Acc. It. Sc. For. (35): 123-158.
- FABBIO G., AMORINI E., 2006 - *Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo di Caselli (Pisa)*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-2004): 79-104.
- FALINSKI J.B., PEDROTTI F., 1990 - *The vegetation and dynamical tendencies of Bosco Quarto. Promontorio del Gargano, Italy*, Braun Blauquetia, 5.
- GUIDI G. 1975 - *Primi risultati di una prova di conversione di un ceduo matricinato di Cerro*, Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, VI : 253-278
- LA MARCA O., 1991 - *Studi e ricerche sull'ottimizzazione della matricinatura nei boschi cedui*. L'Italia Forestale e Montana (2): 118-132.
- LA MARCA O., MARZIALIANO P. A., MORETTI N., PERNA A., SANTORO A., 2002 - *Prove di conversione in un ceduo di cerro (*Quercus cerris*) del Gargano*. L'Italia Forestale e Montana, (6): 533-552.
- LA MARCA O., MARZIALIANO P. A., SCOTTI R., 1996 - *Effect of standard density on coppice structure development: evaluation 14 year after coppicing in a Turkey oak experimental trial*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, (27): 161-166.
- LA MARCA O., MATTIOLI M., IORIO G., 1987 - *Ricerche sull'ottimizzazione della intensità di matricinatura nei cedui di cerro: II contributo - Il soprassuolo arboreo nei primi due anni del ciclo produttivo*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali (36): 3-33.
- LA MARCA O., VIDULICH A., 1989 - *Un modello di indagine territoriale per la valorizzazione del legname di cerro*. L'Italia Forestale e Montana (3): 181-205.
- LIPPI-BONCAMBI C., 1959 - *Rilevamento geo-pedologico del Gargano*. Ist. Miner. e Geol. Univ. Perugia. Cassa per il Mezzogiorno, Perugia 1959.
- SUSMEL L., 1981 - *Ceduo o altofusto? Motivo di una filosofia*. Economia Montana (4): 2-5.





# Modifiche compositive e strutturali in soprassuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)<sup>§</sup>

Maria Chiara Manetti<sup>1\*</sup>, Orazio Ivan Gugliotta<sup>1</sup>

*Accettato il 10 aprile 2008*

**Riassunto** – Il presente lavoro si inserisce nell'ambito di un protocollo sperimentale avviato nel 1954 per analizzare le dinamiche evolutive di fustaie miste di latifoglie a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) e faggio (*Fagus sylvatica* L.) in assenza di disturbo antropico diretto. Vengono riportate le osservazioni inerenti lo sviluppo dei soprassuoli avvenuto negli ultimi quindici anni. Il metodo di studio è consistito in analisi di tipo quantitativo e qualitativo, con rilievi ripetuti nel tempo in due aree di saggio permanenti (3 ha ciascuna) e in due transect di struttura (0.2 ha ciascuno) situati all'interno della riserva M.a.B. di Collemeluccio-Montedimezzo (Is). Lo studio ha evidenziato le differenze fra i due soprassuoli esaminati, entrambi a struttura pluristratificata, rilevate già nel 1954. Con un indice di importanza del 53% il faggio è la specie a maggior peso nell'area a quota più elevata, seguita dal cerro (I=25%). Nell'area bassa è il cerro (I=46%) la specie principale, seguita dal carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) (I=28%) e dal faggio (I=12%). Lo sviluppo dell'ultimo quindicennio conferma, in entrambi i soprassuoli, le osservazioni precedenti relative alla diminuzione del numero dei fusti di cerro e alla sempre maggiore importanza del faggio. Fra le specie secondarie solo l'abete bianco (*Abies alba* Mill.), di origine artificiale, e l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.) aumentano il loro peso all'interno del complesso arboreo, mentre il carpino bianco e l'acero campestre (*Acer campestre* L.) sono in fase recessiva.

**Parole chiave:** aree permanenti, dinamiche evolutive, struttura, *Quercus cerris*, *Fagus sylvatica*, boschi non gestiti.

**Abstract** – Tree species composition and structural dynamics in forest stands under natural evolution in the Montedimezzo M.a.B. reserve. This study is included in an experimental protocol established in 1954 aimed at examining the natural dynamics in mixed broadleaves high forests dominated by Turkey oak (*Quercus cerris* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.). Stand development patterns in the last fifteen years are reported. Repeated quantitative and qualitative inventories were carried out in two permanent plots (3 ha each) and in two structural transects (0.2 ha each) located in Collemeluccio-Montedimezzo M.a.B. reserve (Is). The study highlighted, as already observed in 1954, the differences between the two multilayered stands. In the higher elevation beech is the predominant species recording 53% of importance value index (I), followed by Turkey oak (I=25%). In the lower elevation the dominant species is Turkey oak (I=46%), followed by hornbeam (*Carpinus betulus* L.) (I=28%) and beech (I=12%). The decreased presence of Turkey oak and the increase of beech density are confirmed in each plot over the last fifteen years. Among the other tree species, importance values rise only for silver fir (*Abies alba* Mill.) (introduced) and holly tree (*Ilex aquifolium* L.), while hornbeam and hedge maple have been reducing their own presence.

**Key words:** permanent plots, forest dynamics, structure, *Quercus cerris*, *Fagus sylvatica*, unmanaged forests

*F.D.C.: 524.634 : 228.0 : 228.8 : (450.65)*

## Introduzione

Lo studio dei sistemi vegetali mediante osservazioni prolungate in aree sperimentali permanenti rappresenta una tipologia di indagine da tempo diffusa nelle scienze forestali e un valido procedimento per osservare le dinamiche, esaminare le reazioni a fattori di disturbo, testare l'attendibilità di modelli ecologici basati su deduzioni di carattere teorico (BAKKER *et al.* 1996).

Negli ultimi decenni questa modalità di analisi si è arricchita di nuovi significati sia per la crescente attenzione verso la selvicoltura naturalistica e la salvaguardia della biodiversità (ATTIWILL 1994, OLIVER e LARSON 1996, PETERKEN 1996, 1999, MARTIN e BAILEY

1999, BENGTTSSON *et al.* 2000, EMBORG *et al.* 2000, FRANKLIN *et al.* 2002, GAMBORG e LARSEN 2003, PACI 2004, MEYER 2005, BIANCHI *et al.* 2006, LARSEN e NIELSEN 2007) sia per verificare le ripercussioni dei cambiamenti ambientali sulla stabilità e funzionalità delle foreste (BAKKER *op. cit.*, CHERUBINI e DOBBERTIN 1997, FERRETTI 1997, FERRETTI e CHERUBINI 1998).

Nel nostro Paese un esempio di aree sperimentali permanenti è rappresentato da quelle istituite intorno alla metà degli anni '50 del secolo scorso dall'allora Stazione Sperimentale di Selvicoltura. Tali aree furono sottratte a qualsiasi intervento antropico con l'obiettivo di studiare la tendenza evolutiva delle fitocenosi prescelte e trarne indicazioni sul trattamento selvicolturale. L'analisi delle direzioni evolutive

<sup>§</sup> Lavoro svolto in parti uguali dagli autori.

\* Autore corrispondente [mariachiara.manetti@entecra.it](mailto:mariachiara.manetti@entecra.it)

<sup>1</sup> C.R.A. - Centro di ricerca per la selvicoltura - Viale S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo (Italy) T. +39 0575 353021, fax +39 0575 353490.

dei popolamenti forestali al cessare delle cause di disturbo antropico, oltre a presentare un risvolto pratico nell'individuazione di modelli gestionali in linea con le dinamiche naturali, risulta oggi di particolare interesse scientifico sia per quantificare il valore dei popolamenti forestali sotto il profilo biologico, ecologico e ambientale, sia per monitorare l'evoluzione delle suddette formazioni in funzione del tempo e di fattori perturbanti quali cambiamenti globali e inquinamento.

Due di queste aree furono realizzate nella foresta di Montedimezzo in popolamenti misti di latifoglie decidue rappresentativi di buona parte della vegetazione forestale dell'Alto Molise (GUIDI *et al.* 1991); una regione forestale dalle interessanti peculiarità bioclimatiche (GIACOMINI e FENAROLI 1958, BIONDI e BALDONI 1991) che si riflettono sulla composizione specifica delle comunità vegetali (PAURA e ABBATE 1993). Si tratta di soprassuoli che hanno rivestito fino al recente passato una notevole importanza economica (ANTONIOTTI 1950, PATRONE 1951, 1971, BERNETTI 1995) in cui l'intensa e secolare pressione antropica ha, in molti casi, indotto una eccessiva semplificazione strutturale e compositiva.

Analogamente a quanto si è verificato in altri distretti dell'Appennino, la flessione demografica del secondo dopoguerra e le variazioni del mercato dei prodotti legnosi hanno determinato dei cambiamenti nei protocolli gestionali tradizionali con frequenti abbandoni colturali. La sospensione delle utilizzazioni ha innescato processi dinamici che hanno modificato i rapporti tra le specie presenti e l'articolazione strutturale dei soprassuoli.

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito della sperimentazione avviata nel 1954 e fa seguito ad un precedente contributo (GUIDI *et al. op. cit.*) in cui venivano analizzate le variazioni occorse nel soprassuolo fino al 1991. In particolare si propone di: (i) aggiornare il monitoraggio delle aree sperimentali; (ii) analizzare il trend evolutivo delle biocenosi dal punto di vista compositivo e strutturale; (iii) fornire interpretazioni ecologiche sul dinamismo di questi soprassuoli.

## Materiale e Metodi

### L'area di studio

L'area di Montedimezzo (Figura 1), situata nel territorio di Vastogirardi (Isernia), fa parte della riserva "Collemeluccio-Montedimezzo" istituita nel biennio 1971-1972 e dal 1977 inserita nel novero delle riserve

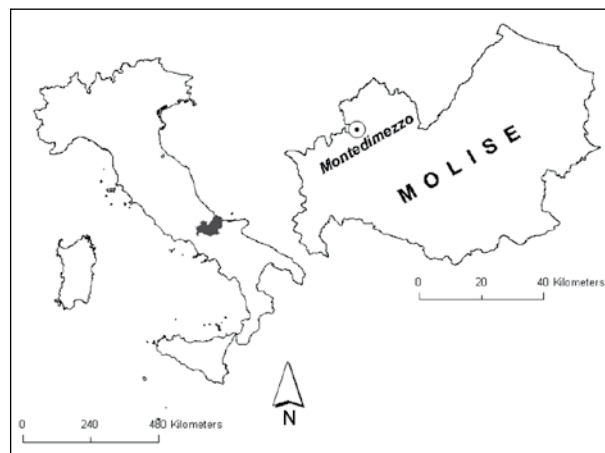


Figura 1 - Localizzazione dell'area oggetto di studio.  
Localization of the study area.

MaB (Man and Biosphere) dell'Unesco. Il bosco sotto tutela, gestito dall'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali dal 1909, si estende per 291 ettari, ad una quota compresa tra 921 e 1284 m s.l.m., su versanti prevalentemente esposti a nord.

La matrice geologica della foresta è rappresentata da formazioni flyschoidi ad arenarie o ad arenarie marnose e argillose (Miocene) a contatto con calcari grigio chiari debolmente marnosi (Eocene), calciduriti e calcareniti (Oligo-Miocene). Il profilo pedologico è ascrivibile ai suoli bruni calcarei e ai suoli bruni molto argillosi, a tratti idromorfi, ma ben strutturati.

I dati provenienti dalla vicina stazione termopluviometrica di Feudozzo (923 m s.l.m.) indicano assenza di aridità estiva, piovosità media annua di 1006 mm, distribuita in 100 giorni piovosi con massimo autunnale e minimo estivo, temperatura media annua di 8.4 °C, quella del mese più caldo (luglio) di 17.2 °C, quella del mese più freddo (gennaio) di 0.9 °C, alta probabilità di gelate per 8-10 mesi l'anno.

Secondo la classificazione di Pavari la foresta di Montedimezzo rientra nella sottozona calda del *Fagetum*, con trasgressioni verso la sottozona fredda alle quote più elevate e verso il *Castanetum* sottozona fredda a quelle inferiori. Per la descrizione dettagliata delle specie legnose che compongono il soprassuolo e la loro disposizione strutturale si rimanda a GUIDI *et al. (op. cit.)*. Dal punto di vista fitosociologico i boschi di Montedimezzo sono riferibili al *Polystichofagetum acerotosum pseudoplatani* Feoli e Lagonegro 1982 var. ad *Acer lobelii*, all'*Aquifolio-Fagetum Gentile* 1969 *fraxinetosum excelsioris* subass. nova e all'*Aquifolio-Fagetum abietetosum albae* Gentile 1969 facies a *Quercus cerris* (ABBATE 1990).

### La sperimentazione

Nel 1954 furono delimitate all'interno della Foresta di Montedimezzo 2 parcelle sperimentali (A e B) di 3 ettari ciascuna. L'area A è ubicata a una quota di 1040 m s.l.m. e interessa un tratto di foresta in cui il faggio è la specie principale. L'area B si trova invece ad una quota di 940 m s.l.m. e la specie che predomina è il cerro. Per la descrizione dettagliata delle metodologie di inventario impiegate nel corso dell'esperienza e dei successivi affinamenti sperimentali si rimanda a GUIDI *et al.* (*op. cit.*) e a GUIDI e MANETTI (1992).

Nel marzo del 2006 è stato effettuato un nuovo inventario all'interno delle 2 parcelle sperimentali. In ogni parcella sono state censite, suddivise per specie, tutte le piante vive con diametro a petto d'uomo superiore a 2.5 cm e su circa un terzo è stata misurata l'altezza totale per la determinazione della curva ipsometrica.

La densità ( $n \text{ ha}^{-1}$ ), l'area basimetrica ( $G \text{ ha}^{-1}$ ) e il diametro medio ( $Dg$ ) sono stati calcolati per gruppi dimensionali: piante piccole ( $D < 17.5 \text{ cm}$ ), medie ( $17.5 \text{ cm} \leq D < 32.5 \text{ cm}$ ), grosse ( $32.5 \text{ cm} \leq D < 52.5 \text{ cm}$ ), molto grosse ( $D \geq 52.5 \text{ cm}$ ). I dati sono stati elaborati a livello individuale per le specie principali (cerro, faggio, carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.), abete bianco (*Abies alba* Mill.) e collettivo per le specie a minore partecipazione, catalogate come "altre" nell'esposizione dei risultati.

Sulla base del cavallettamento è stato inoltre valutato l'indice di importanza ( $I = 100 * [\text{densità relativa} + \text{area basimetrica relativa}] / 2$ ) suddiviso per specie o per gruppi di specie, secondo la metodologia adoperata da CHAPMAN *et al.* (2006).

La stima della biodiversità è stata effettuata analizzando la variazione nel tempo (dal 1954 al 2006) di due indici di diversità specifica.

i) Indice SH di SHANNON-WEAVER (1948) calcolato sia sul numero dei fusti sia sui valori di area basimetrica relativi a ciascuna specie censita:

$$SH = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log p_i$$

S = numero di specie;  $p_i = n_i / N$  o  $g_i / G$ ;  $n_i$  = numero di individui della specie  $i$ ;  $g_i$  = valore complessivo di area basimetrica della specie  $i$ ; N = numero totale di individui; G = area basimetrica totale del popolamento.

Il valore di SH aumenta all'aumentare del numero di specie presenti e può assumere valori compresi fra 0 e  $\infty$ .

ii) Indice S di SIMPSON (1949), anche in questo caso riferito sia al numero di fusti sia ai valori di area basimetrica di ciascuna specie:

$$S = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

$p_i$  = frequenze delle specie  $p_i = n_i / N$  o  $g_i / G$ ;  $n_i$  = numero di individui della specie  $i$ ;  $g_i$  = valore complessivo di area basimetrica della specie  $i$ ; N = numero totale di individui; G = area basimetrica totale del popolamento

A differenza dell'indice precedente, S prende in considerazione la dominanza di una specie rispetto alle altre; il suo valore aumenta all'aumentare della biodiversità e varia tra 0 e 1.

Ulteriori elaborazioni hanno riguardato la determinazione degli indici di diversità strutturale, misurata lungo il piano orizzontale e il profilo verticale. In questo caso sono stati considerati i valori desunti all'interno dei transetti rettangolari (20x100 m) realizzati nel 1991 in zone particolarmente rappresentative delle due aree (GUIDI *et al. op. cit.*). Per la determinazione della distribuzione spaziale è stato utilizzato l'indice di Cox (CI) espresso dalla notazione:

$$CI = \frac{s_x^2}{\bar{x}}$$

$s_x^2$  = varianza;  $\bar{x}$  = media del numero di piante presenti all'interno delle 20 subaree (10x10 m) in cui è stato suddiviso il transect.

Valori dell'indice superiori a 1 indicano una distribuzione degli individui di tipo aggregato, uguale a 1 una distribuzione casuale e minore di 1 una distribuzione di tipo regolare (NEUMANN e STARLINGER 2001; DEL RIO *et al.* 2003, MONTES *et al.* 2005.).

La variabilità strutturale lungo il profilo verticale è stata analizzata utilizzando l'indice di SHANNON-WEAVER (*op. cit.*), modificato secondo la formula proposta da PRETZSCH (1999) con la suddivisione del popolamento in 3 livelli di altezze (0-50%, 50-80% e 80-100% dell'altezza massima)

$$A = - \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

S = numero di specie; Z = numero di strati considerati;  $p_{ij} = n_{ij} / N$ ;  $n_{ij}$  = numero di individui della specie  $i$  nello strato  $j$ ; N = numero complessivo di individui.

La complessità strutturale aumenta con l'aumentare del valore di A, il cui valore massimo dipende dal numero di specie presenti.

## Risultati

### L'inventario del 2006

Il cavallettamento ha messo in evidenza la similarità delle due aree per quanto concerne il numero complessivo di soggetti censiti e l'area basimetrica (Tabella 1). Sia l'area A che l'area B sono caratterizzate da una buona fertilità stazionale e da un soprassuolo pluristratificato dominato rispettivamente dal faggio e dal cerro, ai quali si associano negli strati inferiori le specie subordinate.

In A il faggio ha un I (indice di importanza) del 53%, ascrivibile in maniera simmetrica all'area basimetrica

e alla densità, mentre l'I del cerro (25%) è dovuto in gran parte all'area basimetrica. Con una densità di 74 piante e un'area basimetrica di 0.64 m<sup>2</sup> a ettaro, il carpino bianco ha una scarsa importanza, mentre la presenza dell'acero campestre è sporadica. All'interno dell'area sono stati rilevati nuclei artificiali di abete bianco e un insieme estremamente variegato di specie legnose comprendente acero di monte (*Acer pseudo-platanus* L.), acero di Lobelius (*Acer lobelii* Ten.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), corniolo (*Cornus mas* L.), sambuco (*Sambucus nigra* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L.), berretta da prete (*Euonymus europaeus* L.).

In B la specie prevalente è il cerro (I=46%) anche se

**Tabella 1** - Densità, area basimetrica, indice di importanza, diametro medio e altezza dominante nelle due aree (1991-2006).  
*Density, basal area, importance value, mean diameter and top height in the examined areas (1991-2006).*

	Area A						Totale
	Faggio	Cerro	Carpino bianco	Acero camp.	Abete	Altre <sup>a</sup>	
Densità 1991 (N/ha)	592	75	164	44	54	150	1079
Densità 2006 (N/ha)	447	69	74	3	119	135	847
Area basimetrica 1991 (m <sup>2</sup> /ha)	22.25	18.67	0.71	0.26	0.09	1.07	43.05
Area basimetrica 2006 (m <sup>2</sup> /ha)	25.08	20.12	0.64	0.02	0.42	1.39	47.67
Importanza relativa 1991 (%)	53	25	8	2	3	8	100
Importanza relativa 2006 (%)	53	25	5	0	7	9	100
Diametro medio 1991 (cm)	21.9	56.3	7.4	8.7	5.1	9.8	22.5
Diametro medio 2006 (cm)	26.7	61.1	10.5	7.6	6.7	11.4	26.8
Altezza dominante 1991 (m)							29.9
Altezza dominante 2006 (m)							31.9

	Area B					Totale
	Faggio	Cerro	Carpino bianco	Acero Camp	Altre <sup>b</sup>	
Densità 1991 (N/ha)	59	273	719	238	170	1458
Densità 2006 (N/ha)	61	215	395	129	72	872
Area basimetrica 1991 (m <sup>2</sup> /ha)	6.42	26.88	5.05	2.08	0.62	41.05
Area basimetrica 2006 (m <sup>2</sup> /ha)	8.14	31.28	4.69	1.55	0.52	46.18
Importanza relativa 1991 (%)	10	42	31	11	7	100
Importanza relativa 2006 (%)	12	46	28	9	5	100
Diametro medio 1991 (cm)	37.2	35.4	9.7	10.7	7.3	19.0
Diametro medio 2006 (cm)	43.0	41.2	12.3	12.4	9.6	26.0
Altezza dominante 1991 (m)						27.9
Altezza dominante 2006 (m)						31.0

<sup>a</sup> acero di monte, acero di Lobelius, agrifoglio, frassino maggiore, ontano napoletano, ciavardello, nocciolo, corniolo, sambuco, biancospino, berretta da prete.

<sup>b</sup> acero di monte, frassino maggiore, melo selvatico, perastro, ciliegio selvatico, agrifoglio, abete bianco, ciavardello, nocciolo, corniolo, sambuco, biancospino, berretta da prete, ginepro comune.

**Tabella 2** - Distribuzione delle piante in classi dimensionali nelle due aree (1991-2006, P=piante piccole, M=piante medie, G=piante grosse, MG=piante molto grosse).

*Tree distributions by size classes in the examined areas (1991-2006, P=small sized trees, M=medium sized trees, G=large sized trees, MG=very large sized trees).*

Area A	Faggio		Cerro		Carpino b.		Acero c.		Abete		Altre <sup>a</sup>		Totale	
	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006
	<i>P</i>	407	258	3	-	161	71	41	3	54	119	140	124	806
<i>M</i>	81	75	2	2	2	2	3	-	-	-	6	7	94	86
<i>G</i>	84	84	21	15	1	1	-	-	-	-	2	3	108	103
<i>MG</i>	19	30	49	52	-	-	-	-	-	-	1	1	69	83

Area B	Faggio		Cerro		Carpino b.		Acero c.		Altre <sup>b</sup>		Totale			
	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006		
	<i>P</i>	18	17	59	10	678	348	224	113	166	69			1145
<i>M</i>	13	14	112	78	39	43	12	15	3	2			179	152
<i>G</i>	19	17	76	93	2	4	2	1	1	1			100	116
<i>MG</i>	9	13	26	34	-	-	-	-	-	-			35	47

<sup>a</sup>V. Tabella 1<sup>b</sup>V. Tabella 1

il carpino bianco è la specie presente con un maggior numero di soggetti. Diversamente dall'area A il faggio (I=12%) non ha una posizione predominante, l'acero campestre è più diffuso e diminuisce il peso delle specie legnose secondarie che annoverano l'acero di monte, il frassino maggiore, il melo selvatico (*Malus sylvestris* Miller), il perastro (*Pyrus pyrastrer* Burgsd.), il ciliegio selvatico (*Prunus avium* L.), l'agrifoglio, l'abete bianco (anche in questo caso di origine artificiale), il ciavardello, il nocciolo, il corniolo, il sambuco, il biancospino, la berretta da prete, il ginepro comune (*Juniperus communis* L.).

La scomposizione dei due popolamenti in quattro seriazioni diametriche (piccole, medie, grandi e molto grandi) (Tabella 2) segnala che in entrambe le aree prevalgono le piante di piccolo diametro (D<17.5cm). In A la categoria dimensionale inferiore comprende 575 piante e la frazione residua si distribuisce abbastanza uniformemente fra le altre tre classi. Il faggio, la cui distribuzione è assimilabile a quella dei boschi disetaneiformi (Figura 2), contribuisce maggiormente alla dotazione di piante piccole: il 58% dei soggetti della specie ha un diametro minore di 17.5 cm. Al contrario il cerro partecipa alla formazione del soprassuolo quasi esclusivamente con soggetti grossi o molto grossi e non sono state rinvenute piante di piccolo diametro, ancora presenti invece nel 1991. In questo caso la distribuzione per classi di diametro evidenzia una componente di soprassuolo tendenzialmente coeta-

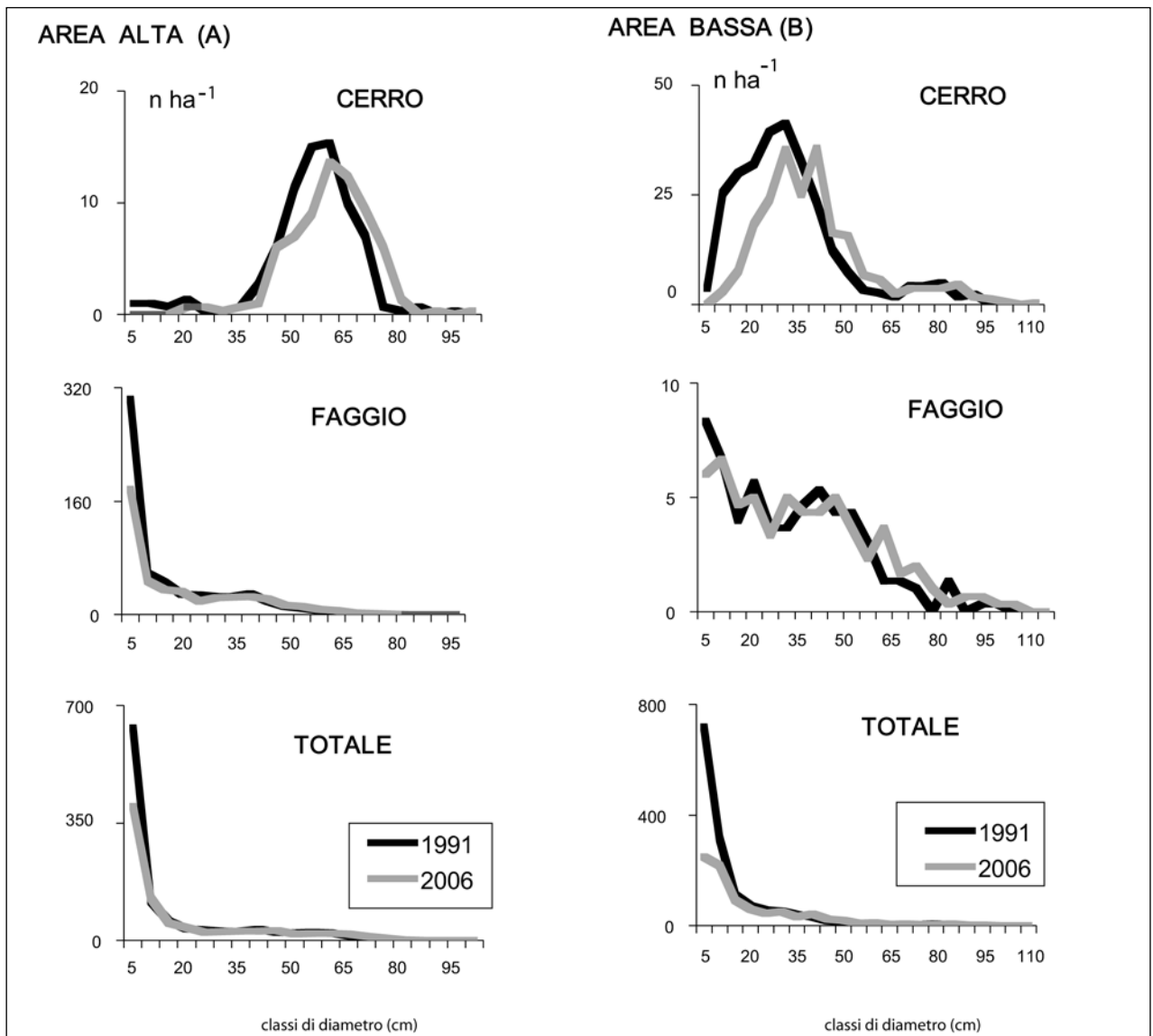
nea. Le altre specie rientrano quasi tutte nell'ambito dei diametri medio - piccoli ad eccezione di alcune unità di carpino bianco e acero montano e frassino catalogate alla voce "altre specie".

Nell'area B le piante di piccole dimensioni coprono il 64% del totale, rappresentate principalmente dal carpino e dall'acero campestre. Rispetto all'area A il faggio è presente con pochi individui e mostra una distribuzione dimensionale abbastanza equilibrata. Il cerro è invece contraddistinto da una discreta presenza di piante di medie dimensioni (36%) anche se la maggior parte degli individui appartengono alla categorie grosse e molto grosse (59%).

### **Il confronto con gli inventari precedenti**

Il confronto con gli inventari precedenti ha evidenziato, nell'ultimo periodo, una inversione di tendenza nei processi di natalità e mortalità rispetto a quanto registrato precedentemente (GUIDI *et al. op. cit.*).

Fino al censimento del 1991 il numero dei fusti era progressivamente cresciuto in entrambe le aree soprattutto per l'affermazione e la conseguente entrata a misura (soglia di cavallettamento di 2.5 cm) della rinnovazione naturale costituita principalmente da faggio, carpino bianco e acero campestre nell'area A e da carpino e acero nella B. La dinamica della rinnovazione naturale è stata valutata attraverso l'analisi dell'età effettuata nel 1991 su un campione di 306 piante appartenenti alle varie specie censite e alle ca-



**Figura 2** - Distribuzione del numero di fusti del faggio, cerro e totale nel 1991 e 2006.  
*Stem distribution of beech, Turkey oak and total in 1991 and 2006.*

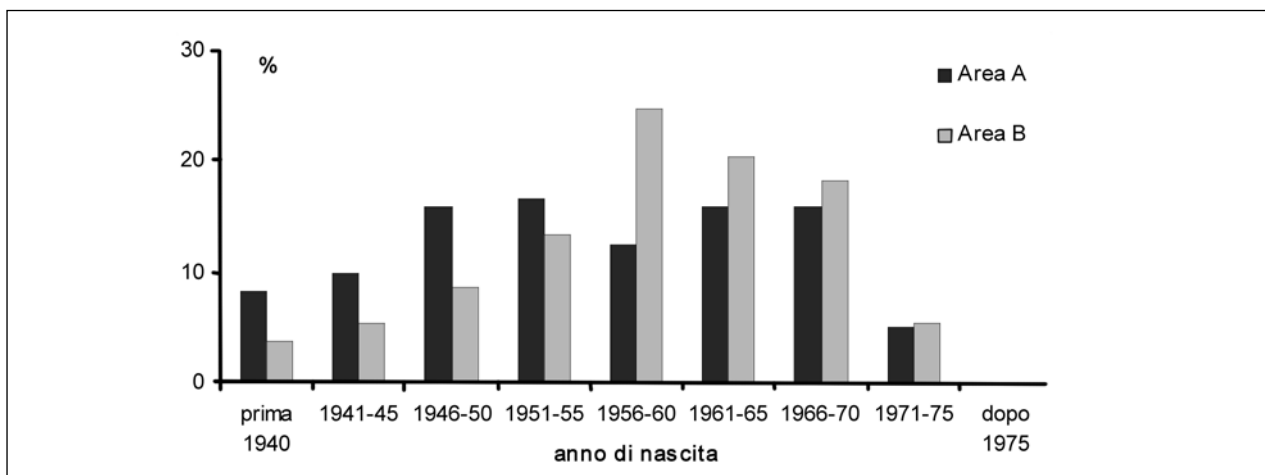
tegorie dimensionali piccole e medie. I risultati (figura 3) hanno evidenziato che, in entrambe le aree, le ultime nascite risalivano al 1975 e che erano concentrate negli anni successivi all'istituzione delle aree permanenti (dal 1956 al 1970) per il carpino bianco e l'acero campestre, mentre si erano verificate precedentemente sia per il faggio che per il cerro.

Al contrario, il consistente decremento numerico registrato nell'ultimo inventario è dovuto alla notevole mortalità occorsa in entrambe le aree nel periodo di 15 anni e che ha interessato essenzialmente i soggetti catalogabili fra i diametri piccoli (tabella 1 e 2). Nell'area A le variazioni più significative si sono verificate a carico dell'acero campestre, che è praticamente scomparso, e del carpino bianco mentre nell'area B

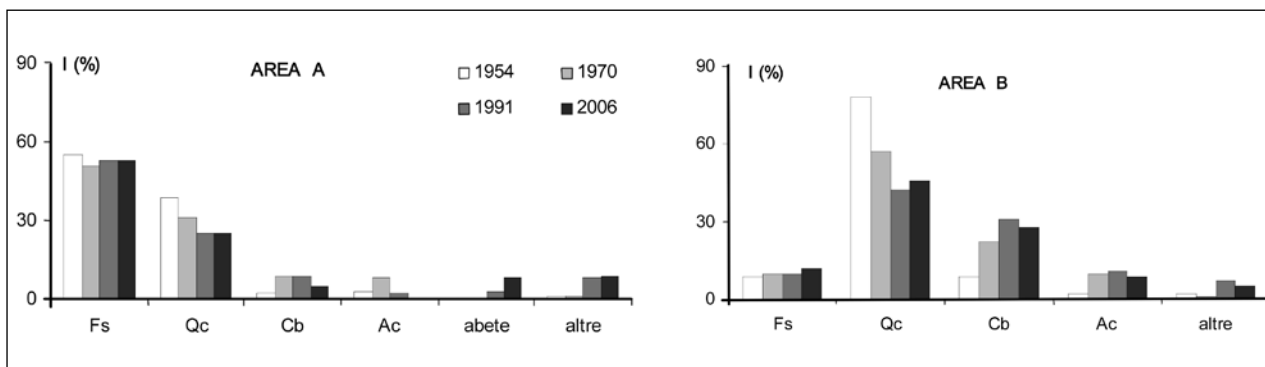
la riduzione numerica ha interessato anche le specie legnose secondarie.

L'analisi del ruolo funzionale assunto dalle diverse specie nel tempo (figura 4) ha poi evidenziato che nell'area A non si sono verificate modifiche sostanziali dal 1954 all'attualità ad eccezione del cerro che ha fatto registrare una graduale e limitata perdita di importanza; il faggio era e rimane la specie edificatrice del popolamento e le altre specie mantengono nel tempo un ruolo subordinato. Infine sono da segnalare il notevole aumento numerico dell'agrifoglio (catalogato fra le altre specie) e dell'abete bianco registrato nell'ultimo inventario.

Nell'area B le variazioni sono state invece più rilevanti ed hanno interessato principalmente il cerro



**Figura 3** - Distribuzione percentuale del numero delle piante in funzione dell'anno di nascita nelle due aree sperimentali (analisi effettuata su un campione di 120 piante nell'area A e 186 nella B).  
Percentage of stems per year of birth in the two stands examined (analysis carried out on 120 stems in A and 186 in B).



**Figura 4** - Andamento dell'indice di importanza (I) nelle due aree per specie e nei quattro inventari.  
Importance value (I) in the two examined stands per species and in the four inventories.

e il carpino bianco mentre faggio, acero campestre e le altre specie associate hanno avuto sempre un'importanza ridotta e tendenzialmente stabile nel tempo. Dal 1954 fino all'inventario del 1991 la contrazione del cerro ha favorito l'insediamento e l'affermazione del carpino bianco, l'ultimo censimento ha invece evidenziato una inversione di tendenza registrando un aumento del peso relativo del cerro e una contemporanea riduzione del carpino bianco.

#### **Fisionomia strutturale e indicatori di diversità specifica**

Nel 1991 i valori dell'indice di Cox per l'area A indicavano una disposizione delle piante estremamente raggruppata che si conferma, anche se con valori

**Tabella 3** - Struttura orizzontale. Valori dell'indice di Cox (CI) nelle due aree (1991-2006, P=piante piccole, G+MG=piante grosse + piante molto grosse).  
Horizontal stand structure. Cox index in the examined areas (1991-2006, P=small sized trees, G+MG= large sized trees + very large sized trees).

	CI	
	1991	2006
<b>Area A</b>		
Totale	5.19	2.65
P	7.61	3.51
G + MG	0.71	0.95
<b>Area B</b>		
Totale	1.55	0.84
P	2.31	1.53
G + MG	0.57	0.66

molto più attenuati, nel 2006 (Tabella 3). Nell'area B invece l'indice segnalava all'inventario precedente una leggera tendenza all'aggregazione che si regola-

**Tabella 4** - Struttura verticale. Valori dell'indice di Pretzsch (A) nelle due aree (1991-2006, AN= indice di Pretzsch calcolato sul numero delle piante, AG= indice di Pretzsch calcolato sull'area basimetrica).

*Vertical stand structure. Pretzsch index (H) in the examined areas (1991-2006, AN= Pretzsch index calculated by tree density, AG= Pretzsch index calculated by basal area).*

	A <sub>N</sub>		A <sub>G</sub>	
	1991	2006	1991	2006
<b>Area A</b>	2.18	2.32	1.19	1.34
<b>Area B</b>	1.96	1.83	1.33	1.18

rizza nel 2006. Il confronto fra le due aree evidenzia quindi una maggiore tendenza al raggruppamento di A rispetto a B, mentre quello fra le piante piccole e quelle grosse/molto grosse rivela una distribuzione di tipo aggregata per le prime, anche se con valori in diminuzione nel tempo, e una di tipo regolare per le seconde.

I valori della variabilità strutturale lungo il profilo verticale delle due aree sono riportati in tabella 4. L'indice di Pretzsch segnala una distribuzione delle piante lungo il profilo verticale leggermente più articolata nell'area A. La dinamica temporale della struttura verticale nell'arco di tempo considerato denota un andamento contrapposto fra le due aree segnalando un aumento della complessità nell'area A e una diminuzione nell'area B. Il ricorso all'area basimetrica per la valutazione dell'indice abbassa la complessità strutturale, pur mantenendo le medesime dinamiche temporali riscontrate nei due popolamenti. La differenza dei valori valutati in area basimetrica rispetto a quelli sul numero delle piante, è dovuta al maggior peso degli esemplari più grossi che occupano le parti superiori del profilo verticale.

Gli indicatori di biodiversità evidenziano, in entrambe le aree, un aumento progressivo sia del numero di specie presenti sia degli indici di diversità specifica

dal 1954 al 1991 (tabella 5). Nell'ultimo periodo invece, dal 1991 al 2006, è stata osservata una riduzione delle specie censite nell'area A e, al contrario, un ulteriore incremento nella B; inoltre non sono state registrate variazioni consistenti nei valori degli indici, calcolati sia in termini numerici sia funzionali.

## Discussione

Le differenze riscontrate tra le due aree in termini compositivi e strutturali possono essere attribuite sia alle condizioni stazionali – maggior fertilità edifica dell'area ubicata a quota più elevata - sia ai passati trattamenti selvicolturali.

Le diverse condizioni stazionali sono sintetizzate e confermate dalle composizioni specifiche dei due popolamenti che, facendo riferimento all'analisi di ABBATE (*op. cit.*) effettuate per l'intera riserva, possono essere ricondotte all'*Aquifolio-Fagetum abietetosum albae* Gentile 1969 facies a *Quercus cerris* per l'area B e all'*Aquifolio-Fagetum* Gentile 1969 *fraxinetosum excelsioris* subass. nova per l'area A.

Il trattamento selvicolturale, oltre ad avere un effetto determinante e immediato sulla struttura e sulla composizione specifica dei popolamenti, influenza le dinamiche evolutive a medio e lungo termine, anche dopo molti decenni dalla cessazione del disturbo (KOPP 1999 in MEYER *op. cit.*). Studi effettuati in fagete dell'Europa continentale hanno rilevato la presenza di specie esigenti di luce a quasi 2 secoli di distanza dalla cessazione delle attività umane più significative (EMBOG *et al. op. cit.*).

Le notizie inerenti i trattamenti selvicolturali applicati nella foresta - ricavate dai piani di gestione redatti a partire dall'inizio del secolo scorso (MONTALDO 1950, AA VV 1985) - sono piuttosto frammentarie e incomplete. Gli interventi erano improntati a criteri quasi

**Tabella 5** - Diversità specifica. Numero di specie, indice di Shannon e indice di Simpson nelle due aree nei quattro inventari (N=numero di specie, SH<sub>N</sub>=indice di Shannon calcolato sul numero delle piante, SH<sub>G</sub>=indice di Shannon calcolato sull'area basimetrica, S<sub>N</sub>=indice di Simpson calcolato sul numero delle piante, S<sub>G</sub>=indice di Simpson calcolato sull'area basimetrica).

*Specific biodiversity. Number of tree species, Shannon index and Simpson index in both areas in the four inventories (N=number of tree species, SH<sub>N</sub>=Shannon index calculated by tree density, SH<sub>G</sub>=Shannon index calculated by basal area, S<sub>N</sub>=Simpson index calculated by tree density, S<sub>G</sub>=Simpson index calculated by basal area).*

	Area A				Area B			
	1954	1970	1991	2006	1954	1970	1991	2006
N	8	8	18	15	8	8	16	18
SH <sub>N</sub>	0.94	1.21	1.63	1.55	0.86	1.22	1.52	1.51
SH <sub>G</sub>	0.85	0.90	0.95	0.94	0.69	0.96	1.07	0.99
S <sub>N</sub>	0.48	0.63	0.66	0.68	0.42	0.66	0.69	0.71
S <sub>G</sub>	0.52	0.55	0.54	0.54	0.33	0.48	0.53	0.50



esclusivamente empirici, con interventi episodici e dettati da considerazioni commerciali; l'esercizio del pascolo in bosco era poi un'attività molto praticata nelle foreste molisane. Inoltre, durante il primo conflitto mondiale si è verificata un'intensificazione delle utilizzazioni che ha favorito la diffusione delle specie secondarie. L'analisi di queste fonti e di alcuni documenti inediti redatti al momento della realizzazione delle aree sperimentali (MORANDINI, *non pubblicato*) consentono di affermare che in A il trattamento applicato rientrava nei canoni del taglio a scelta a carico delle piante più grosse, mentre in B le forme di gestione applicate erano riconducibili a tagli successivi di forte intensità. Le distribuzioni diametriche e le descrizioni delle 2 parcelle sperimentali al 1954 (GUIDI *et al. op. cit.*) sembrano confermare le differenti modalità di gestione selvicolturale che hanno contribuito alla maggiore competitività del faggio rispetto alle altre latifoglie nell'area A.

Gli ultimi tagli effettuati nella foresta sono stati realizzati nel 1952 e sono riconducibili alla ripulitura completa del sottobosco (MONTALDO *op. cit.*). La presenza di chiarie, diffuse soprattutto nell'area B (GUIDI *et al. op. cit.*), ha favorito l'invasione in massa dell'acero campestre, del carpino bianco e delle altre specie subordinate che, non più ostacolate da ulteriori interventi, hanno potuto accrescere il loro effettivo entrando a far parte stabilmente del popolamento. Le indagini condotte hanno infatti messo in luce come le modalità di reclutamento di questi soggetti siano ascrivibili non solo al ricaccio delle ceppaie ma anche al processo di rinnovazione naturale che si è innescato soprattutto nel ventennio seguente la ripulitura. I riflessi positivi indotti dall'interruzione delle pratiche colturali sulla variabilità specifica della foresta sono segnalati dall'aumento dei valori degli indici dal 1954 al 2006.

L'analisi degli indicatori strutturali contribuisce a chiarire le dinamiche interne al soprassuolo e permette di focalizzare i rapporti fra gli individui. La tendenza degli individui ad assumere nel tempo una disposizione più regolare nel piano orizzontale, registrata dall'indice di Cox in entrambi i popolamenti, è tipica dei boschi in evoluzione naturale (OLIVER e LARSON *op. cit.*) mentre la maggiore aggregazione evidenziata nell'area A potrebbe essere un retaggio della passata gestione selvicolturale (taglio a scelta). In aggiunta, la diversa disposizione osservata nelle piante di piccole dimensioni rispetto a quelle dominanti, riscontrata

anche da OHEIMB *et al.* (2005) in foreste di faggio in evoluzione naturale della Germania nord-orientale, è sintomatica della maggiore concentrazione di individui negli interspazi compresi fra i soggetti di grandi dimensioni, siti preferenziali di insediamento e di affermazione delle coorti più giovani. La competizione interindividuale è quindi più incisiva nell'ambito delle classi piccole, relegate negli strati inferiori dove le risorse ecologiche sono limitate. Il passaggio di alcuni soggetti agli strati superiori e l'accumulo progressivo di biomassa unitaria ne acuiscono la concorrenza e la mortalità.

Sicuramente significativa è la diminuzione numerica dell'acero campestre e del carpino bianco. In merito alla prima specie la riduzione è avvenuta sia nell'area A, dove era già in fase regressiva nel 1991 (GUIDI *et al. op. cit.*), sia nell'area B nella quale l'inversione di tendenza si è avvertita nell'ultimo quindicennio. Questo comportamento, in accordo con l'autoecologia della specie, è stato osservato anche da FABBIO e AMORINI (2006) in popolamenti cedui di cerro avviati ad altofusto nei quali l'acero è completamente scomparso all'età di circa 40 anni. Nel caso del carpino, il fenomeno è da mettere in relazione alle caratteristiche della specie meno longeva in condizione di copertura o di concorrenza asimmetrica e in grado di completare lo sviluppo solo allo scoperto (BERNETTI *op. cit.*). A questo trend fanno eccezione, in particolar modo per l'area A, l'agrifoglio - non più disturbato da interventi di ripulitura e libero di esprimere le proprie potenzialità nell'ambito dell'*Aquifolio-Fagetum* - e i nuclei artificiali di abete bianco, la cui dinamica è da valutare con attenzione per la tolleranza dell'ombra, la facilità di rinnovazione in boschi di latifoglie e la presenza della conifera in stazioni prossime a Montedimezzo (GUIDI 1971, ABBATE *op. cit.*, ROMAGNOLI e SCHIRONE 1992, PIRONE *et al.* 2000).

I risultati acquisiti fanno ipotizzare, a conferma del trend evolutivo pregresso, la sempre più probabile marginalità del cerro nello sviluppo del complesso arboreo. L'esiguo numero di soggetti di diametro piccolo è infatti indicativo delle difficoltà di affermazione della rinnovazione naturale. Questa tendenza è assai più accentuata nell'area A dove la specie aveva già un ruolo secondario. Il faggio invece mantiene una distribuzione cronologica più equilibrata che lascia presagire, nel medio-lungo periodo, una netta predominanza sul resto del popolamento nell'area A e una presenza comunque non trascurabile nell'area

B. Osservazioni simili sono state effettuate sia in una faggeta della Foresta Umbra (GUIDI e MANETTI 2000) sia in querceti caducifogli del continente nordamericano (CHAPMAN *et al. op. cit.*, GOEBEL e HIX 1996) dove al cessare delle cause di disturbo è stato osservato il graduale regresso delle querce, soprattutto negli strati inferiori, e il progressivo aumento di importanza di specie maggiormente tolleranti dell'ombra.

Le piante dello strato superiore, oltre a detenere buona parte dei processi funzionali e condizionare lo sviluppo del resto soprassuolo, rivestono un ruolo ecologico fondamentale nelle dinamiche evolutive del bosco. L'ecologia forestale mostra come in popolamenti in evoluzione naturale a copertura colma, la possibilità di reclutamento di nuove coorti sia irrimediabilmente legata ai crolli di piante di grosse dimensioni o anche a parti di esse, capaci di creare dei vuoti nel piano delle chiome tali da favorirne l'ingresso, secondo la dinamica nota in letteratura come *gap-phase development* (WATT 1947, PICKETT e WHITE 1985). Questi fenomeni nelle foreste vicine alla naturalità si configurano come il *trait d'union* fra la fase biostatica e quella di rinnovazione (EMBORG *op. cit.*) garantendo l'autoperpetuazione del sistema. Allo stato attuale, però, malgrado la presenza di individui in età avanzata e con fusti cavi, non sono stati ancora riscontrati schianti o ribaltamenti in misura tale da autorizzare formulazioni di ipotesi concrete sulle caratteristiche delle formazioni secondarie che andranno a costituirsi.

## Conclusioni

La presenza di aree permanenti con più di mezzo secolo di osservazioni costituisce un prezioso punto di partenza per analizzare i processi dinamici che avvengono all'interno delle biocenosi forestali in evoluzione naturale poiché permette di esaminare variazioni anche di lieve entità occorse in brevi intervalli di tempo e di inserirle in una tendenza di fondo.

Il caso di studio ha messo in evidenza l'influenza degli interventi selvicolturali sulle caratteristiche strutturali e compositive dei popolamenti forestali in abbandono culturale. Dopo la fase di invasione delle latifoglie avviate in seguito alle ultime ripuliture, i processi dinamici principali interni ai popolamenti sono riconducibili a fenomeni di competizione fra individui che, per la crescente marginalità delle risorse ecologiche disponibili, si traducono in un decremento

numerico a carico soprattutto delle specie secondarie e delle classi diametriche più piccole. Se le ipotesi evolutive sono abbastanza scontate per l'area alta nella quale il faggio appare destinato a rivestire un ruolo di primo piano negli equilibri del bosco, gli scenari futuri dell'area bassa potranno essere ipotizzati con maggiore sicurezza nei prossimi inventari. In particolare dovranno essere verificati i rapporti di mescolanza fra il faggio e le altre latifoglie consociate e valutata la capacità del cerro di inserirsi e affermarsi nei vuoti della copertura determinati dai crolli delle piante stramature. Più in generale dovranno poi essere valutate le ripercussioni che fattori di disturbo sia di carattere locale - insorgenza di patogeni, incendi, ungulati selvatici, attività turistiche e ricreative - sia di carattere globale potranno avere nello sviluppo futuro della foresta.

## Ringraziamenti

Gli autori rivolgono un sentito ringraziamento a tutti coloro che hanno contribuito in vario modo alla realizzazione dello studio. In particolare si ringraziano i sig.ri Giovanni Tagliente e Validoro Angelone della sezione operativa di Isernia, per il supporto logistico, la disponibilità e la competenza nell'esecuzione dei rilievi in bosco; la dott.ssa Claudia Becagli e il sig. Alessandro Fois, rispettivamente Assegnista di Ricerca e Borsista presso il CRA-SEL di Arezzo, per l'amicizia e la professionalità con cui hanno contribuito ai rilievi in bosco. Si ringraziano infine i due revisori che con i loro preziosi suggerimenti hanno permesso di migliorare la stesura finale.

## Bibliografia

- AUTORI VARI 1985 - *Piano di gestione naturalistica della riserva MAB "Collemeluccio-Montedimezzo" - Decennio 1985/1994*. Ministero Agricoltura e Foreste, Gestione Ex A.S.F.D., Ufficio di Amministrazione, Isernia.
- ABBATE G. 1990 - *Le foreste della Riserva MaB "Collemeluccio - Montedimezzo" (Molise - Italia meridionale)*. Documents phytosociologiques 12: 289-304.
- ATTIWILL P.M. 1994 - *The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management*. Forest Ecology and Management 63 (2): 247-300.
- ANTONIOTTI G.B. 1950 - *Saggio di una tavola alsometrica delle fustaie di cerro del Molise*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e Auxometria, Firenze, 1: 44-47.
- BAKKER J.P., OLFF H., WILLEMS J. H., ZOBEL M. 1996 - *Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics?* Journal of Vegetation Science, 132 (2): 147-155.

- BENGTSSON J., NILSSON S.G., FRANC A., MENOZZI P. 2000 – *Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests*. Forest Ecology and Management 132 (1): 39-50.
- BERNETTI G. 1995 – *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino, 416 p.
- BIANCHI L., PACI M., BARTOLINI D. 2006 – *Dinamiche evolutive di post-selvicoltura nella foresta di Vallombrosa*. Forest@ 3 (1): 63-71. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.
- BIONDI E., BALDONI M. 1991 – *Bio-climatic characteristics of the Italian peninsula*. Atti del convegno: Effetti degli inquinanti atmosferici sul clima e la vegetazione, Taormina, 26-29 sett. 1991: 225-250.
- CHAPMAN R.A., HEITZMAN E., SHELTON M.G. 2006 – *Long-term changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas*. Forest Ecology and Management 236 (1): 85-92.
- CHERUBINI P., DOBBERTIN M. 1997 – *The Swiss long-term forest ecosystem research: method for reconstructing forest history*. Atti del I Congresso SISEF “La ricerca italiana per le foreste e la selvicoltura (ed M. Borghetti)”, Legnaro (Pd), 4-6 giugno 1997:19-22.
- DEL RIO M., MONTES F., CANELLAS I., MONTERO G. 2003 – *Diversidad estructural en masas forestales*. Invest. Agrar. Sist. y Recur. For. 12 (1): 159-176.
- EMBOG J., CHRISTENSEN M., HEILMANN-CLAUSEN J. 2000 – *The natural dynamics of Seseurp Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark*. Forest Ecology and Management 126 (1-3): 173-189.
- FABIO G., AMORINI E. 2006 – *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 dalla sua impostazione. Il protocollo di Caselli (Pisa)*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 33: 79-104.
- FERRETTI M. 1997 – *Forest Health Assessment and Monitoring – Issues for Consideration*. Environmental Monitoring and Assessment 48 (1): 45-72.
- FERRETTI M., CHERUBINI P. 1998 – *Il monitoraggio di lungo periodo per conoscere e gestire gli ecosistemi forestali*. Sherwood 37: 23-28.
- FRANKLIN J.F., SPIES T.A., PELT R.V., CAREY A.B., THORNBURGH D.A., BERG D.R., LINDENMAYER D.B., HARMON M.E., KEETON W.S., SHAW D.C., BIBLE K., CHEN J. 2002 – *Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example*. Forest Ecology and Management 155 (1-3): 299-423.
- GAMBORG C., LARSEN J.B. 2003. – *“Back to nature” - a sustainable future for forestry*. Forest Ecology and Management 179 (1-3): 559-571.
- GIACOMINI V., FENAROLI L. 1958 – *La Flora*. T.C.I., Conosci l'Italia 2: 13-15.
- GOEBEL P.C., HIX D.M. 1996 – *Development of mixed-oak forests in southeastern Ohio: a comparison of second growth and old-growth forests*. Forest ecology and management 84 (1-3): 1-21.
- GUIDI G. 1971 – *Nota preliminare sulla distribuzione e sui caratteri ecologici delle abetine del Molise*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 2: 279-296.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLERI F. 1991 – *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus Cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Primo contributo – Osservazioni sui caratteri del soprassuolo e relative modificazioni in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 22: 117-156.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 1992 – *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 23: 201-223.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 2000 – *L'area Pavari nella faggeta della Foresta Umbra: caratteri strutturali e trend evolutivo*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 28, Arezzo: 39-46.
- LARSEN J.B., NIELSEN A.B. 2007 – *Nature-based forest management—Where are we going?: Elaborating forest development types in and with practice*. Forest Ecology and Management 238 (1-3): 107-117.
- MARTIN C.W., BAILEY A.S. 1999 – *Twenty years of change in a northern hardwood forest*. Forest Ecology and Management 123 (2-3): 253-260.
- MEYER P. 2005 – *Network of Strict Forest Reserves as reference system for close to nature forestry in Lower Saxony, Germany*. In: Natural Forest in the Temperate Zone of Europe: biological, social and economic aspects. Commarmot B. (Eds). Forest Snow and Landscape Research 79 (1-2):33-44.
- MONTALDO G. 1950 – *Foresta di Montedimezzo. Piano di assestamento per il quindicennio 1949-1963*. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali, dattiloscritto.
- MONTES F., SÁNCHEZ M., DEL RÍO M., CANELLAS I. 2005 – *Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests*. Forest Ecology and Management 207 (1-2): 279-293.
- NEUMANN M., STARLINGER F. 2001 – *The significance of different indices for stand structure and diversity in forest*. Forest Ecology and Management 145 (1-2): 91-106.
- OHEIMB G.V., WESTPHAL C., TEMPEL H., HÄRDLE W. 2005 – *Structural pattern of a near-natural beech forest (Fagus sylvatica) (Serahn, North-east Germany)*. Forest Ecology and Management 212 (1-3): 253-263.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1996 – *Forest Stand Dynamics*. Uptaded ed., Wiley, New York 520 p.
- PACI M. 2004 – *Problemi attuali della selvicoltura naturalistica*. Forest@ 1 (2): 59-69. [online] URL:<http://www.sisef.it/>.
- PATRONE G. 1951 – *Piano di assestamento dei boschi del Comune di Carovilli*. L'Italia Forestale e Montana 6 (4): 157-172.
- PATRONE G. 1971 – *Ricerche sui turni finanziari e sui prezzi di macchiatici delle foreste coetanee di faggio e cerro del Molise*. L'Italia Forestale e Montana 26 (2): 41-62.

- PAURA B., ABBATE G. 1993 – *I querceti a caducifoglie del Molise: primo contributo sulla sintassonomia e corologia*. Annali di Botanica LI, supplemento Studi sul Territorio, 10: 325-340.
- PETERKEN G.F. 1996 – *Natural woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 522 p.
- PETERKEN G.F. 1999 – *Applying natural forestry concepts in an intensively managed landscape*. Global Ecology and Biogeography 8 (5): 321-328.
- PIRONE G., ABBATE G., CIASCETTI G., CORBETTA F., FRATTAROLI A.R. 2000 – *Gli abieti-fagheti del comprensorio di confine tra Abruzzo e Molise (Italia centro-meridionale)*. Archivio Geobotanico 6 (1): 32-43.
- PICKETT S.T.A., WHITE P.S. (Eds.) 1985 – *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York: 472 p.
- PRETZSCH H. 1999 – *Structural diversity as a result of silvicultural operations*. In: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. Olsthoorn A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds.). IBN Scientific Contributions 15: 157-174.
- ROMAGNOLI M., SCHIRONE B. 1992 – *Indagini dendorecologiche preliminari sull'abete bianco del bosco Abeti Soprani (Pescopennataro – IS)*. Annali Accademia Italiana Scienze forestali 41: 3-29.
- SHANNON C.E. 1948 – *The mathematical theory of communication*. In: Shannon C.E., Weaver W. (Eds.), The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana: 29-125.
- SIMPSON E.H. 1949 – *Measurement of diversity*. Nature 163, 688 pp.
- WATT A.S. 1947 - *Pattern and Process in the Plant Community*. Journal of Ecology 35 (1-2):1-22.

# La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione<sup>§</sup>

Paolo Cantiani<sup>1\*</sup>, Maurizio Piovosi<sup>1</sup>

*Accettato il 20 giugno 2008*

**Riassunto** – Le fasi iniziali del trattamento per la rinaturalizzazione di rimboschimenti di pino nero sono costituite dai diradamenti. La finalità prioritaria degli interventi è quella di accrescere la stabilità strutturale e concorrere a creare condizioni ecologiche favorevoli all'ingresso della rinnovazione di specie autoctone. La sperimentazione ha avuto l'obiettivo di testare due diverse intensità del primo diradamento in una perticaia di pino nero di buona fertilità nel comprensorio del Pratomagno aretino. Sono valutate le reazioni delle principali grandezze dendrometriche relative a tre inventari successivi: nel 1998, prima e dopo l'intervento sperimentale e dopo quattro e otto anni dall'intervento. In particolare sono analizzate le dinamiche della struttura spaziale orizzontale del popolamento (transect permanenti di struttura) e gli andamenti di indicatori di stabilità per classi sociali (rapporto ipsodiametrico, profondità della chioma, superficie della chioma, rapporto diametro chioma-diametro fusto). L'intensità del diradamento è strettamente correlata all'aumento di funzionalità della pineta. In un popolamento di circa 30 anni di buona fertilità si dimostra come il diradamento "forte" (prelievo di poco meno della metà delle piante, pari a circa il 35% di area basimetrica) provochi una reazione positiva in termini di stabilità e soprattutto un forte stimolo allo sviluppo dell'apparato fogliare.

**Parole chiave:** *Pino nero, diradamento, stabilità, rinaturalizzazione.*

**Abstract** – *Management of black pine stands in the Apennines. Thinning for renaturalisation* - The first stages of management and renaturalisation of black pine plantations are founded on thinnings, which are primarily aimed at increasing physical stability and creating favourable ecological conditions for the natural regeneration of autochthonous species. The research aims at experimenting two different intensities in the first thinning of a black pine young stand of good fertility in the area of Pratomagno (Arezzo). The effects of the thinning on the main dendrometric parameters have been evaluated by means of three different inventories: i) 1998 before and after thinning, ii) 2002, iii) 2006. In particular the dynamics of horizontal structure (permanent transects) and the trend of stability indicators (height – diameter ratio, crown depth, crown area, crown diameter – stem diameter ratio) have been investigated. Thinning intensity is strictly related to increasing of the pine forest functionality. In a thirty years old stand in good fertility conditions a "strong thinning" (reduction of about half the number of trees and 35% of basal area) is proved to be effective in increasing stability and stimulating crown growth.

**Key words:** *Black pine, thinning, stability, naturalization.*

*F.D.C.: 228.82 : 174.7 Pinus nigra: 242*

## Introduzione

I rimboschimenti di pino nero appenninici sono stati realizzati con la finalità prioritaria di ricostituire la copertura forestale su suoli a scarsa fertilità intrinseca o indotta dall'uso eccessivo della risorsa (AMORINI 1983). Buona parte delle pinete ha oggi sostanzialmente raggiunto l'obiettivo originario. In questi casi la scelta gestionale prioritaria, laddove è ammissibile, è quella di tendere ad una progressiva "rinaturalizzazione" dei soprassuoli artificiali tramite trattamenti selvicolturali appropriati.

Le pinete allo stadio di sviluppo di perticaia - giova-

ne fustaia possono avvantaggiarsi da diradamenti mirati espressamente al miglioramento del loro grado di stabilità (CANTIANI *et al.* 2005). I diradamenti, se di tipo selettivo e di intensità adeguata, inducono, infatti, ad un aumento della stabilità meccanica, favoriscono la diversità strutturale e concorrono a creare condizioni ecologiche idonee all'insediamento della rinnovazione di un piano successionale.

I primi diradamenti nei rimboschimenti protettivi hanno la finalità di "allevare" il soprassuolo, con l'obiettivo prioritario di migliorare la stabilità strutturale; nel processo di "rinaturalizzazione" rappresentano quindi una fase iniziale. Con i primi tagli

---

<sup>§</sup> La sperimentazione ha usufruito di contributi dalla Comunità Montana Pratomagno (Convenzione "Il trattamento dei rimboschimenti del territorio della Comunità Montana Pratomagno in funzione della loro rinaturalizzazione) e dal MIPAF (Progetto RISELVITALIA – ricerca 3.1.2 "I rimboschimenti di pino nero. Trattamento per la rinaturalizzazione").

Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali

<sup>1</sup> CRA-SEL Centro di ricerca per la Selvicoltura - Viale S. Margherita, 80 – 52100 Arezzo (Italy) T. +39 0575 353021, fax +39 0575 353490

\* Autore corrispondente [paolo.cantiani@entecra.it](mailto:paolo.cantiani@entecra.it).

intercalari non si deve ipotizzare un ingresso spontaneo massiccio di semenzali di specie autoctone, perché la struttura del soprassuolo e del suolo non è ancora pronta al fenomeno della rinnovazione. È essenziale valutare anche la qualità delle specie di ingresso, che potrebbero essere rappresentate, in una fase “immatura” della pineta, da “latifoglie minori” di scarsa importanza ecologica ed economica (BERNETTI 1998). Il senso dei primi tagli intercalari è quello di aumentare l’efficienza funzionale del popolamento, predisponendolo alla futura evoluzione (CIANCIO 1986, MERCURIO 2003, BIANCHI *et al.* 2005). In questo senso i diradamenti dovrebbero essere percepiti come un investimento verso un popolamento futuro maggiormente efficiente ed in equilibrio; la valutazione dei costi e dei benefici dovrebbe travalicare il breve-medio periodo per abbracciare un arco temporale ben più ampio. Per i popolamenti di specie pioniere BERNETTI (1986) prevede piani di diradamento a fini di evoluzione naturalistica: il diradamento ha lo scopo di aumentare la fertilità del terreno e di fare sviluppare eventuali soggetti portaseme presenti nel popolamento.

Gli interventi intercalari nelle pinete appenniniche rappresentano una voce gestionale passiva; diventa quindi essenziale ottimizzare la strategia del trattamento (regime, modalità e intensità di ogni singolo intervento) per contenerne il più possibile il costo.

Il contributo si riferisce ad una sperimentazione pluriennale di un caso di studio sulla reazione delle componenti strutturali di una perticaia di pino nero nei primi anni successivi al primo diradamento, intervento effettuato con due intensità diverse. La sperimentazione tende alla definizione di un intervento finalizzato a migliorare la struttura del soprassuolo rispetto alla sua stabilità complessiva, incidendo sui rapporti di competizione tra le piante, favorendo nel contempo i singoli soggetti più vigorosi.

## Materiali e metodi

Il protocollo sperimentale è stato realizzato nel 1998 in località Fonte dei Frassini (Loro Ciuffenna, Arezzo) su un versante esposto a ovest a 1.020 m s.l.m. di quota con pendenza media di 25°. La formazione geologica autoctona è rappresentata dal “Macigno del Chianti” da cui derivano suoli acidi ricchi di potassio (CANTIANI 2000). Il regime pluviometrico è di tipo submontano appenninico con valore massimo assoluto in autunno, relativo in primavera e minimo

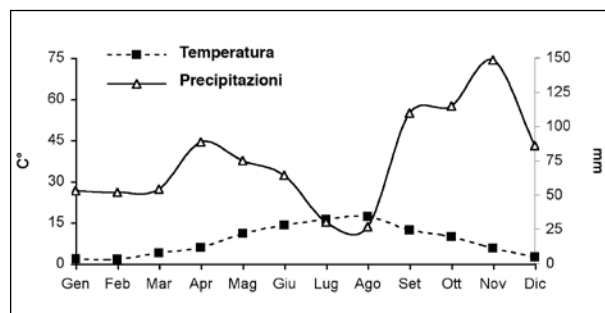


Figura 1 - Stazione Villa Cognola (663 m s.l.m.). Diagramma termopluviometrico (1995 - 2005).  
Villa Cognola (663 m). Climatic diagram (1995 - 2005).

assoluto nel mese di luglio. La temperatura media annua è di 8,5°, con massimo ad agosto e minimo a febbraio (Figura 1).

Il protocollo è costituito da tre parcelle permanenti di dimensioni variabili da 900 e 1.000 m<sup>2</sup> per l’analisi dendrometrica-strutturale al cui interno sono stati realizzati transect di 40 m<sup>2</sup> per il rilievo della rinnovazione. Nel 1998 sono stati effettuati i seguenti rilievi: delimitazione delle parcelle; numerazione di ciascuna pianta; rilievo topografico tramite stazione totale del piede di ogni pianta; rilievi dendrometrico-strutturali per ciascuna pianta: i) cavallettamento con classificazione sociale semplificata (dominanti, codominanti e dominate), ii) altezza totale, iii) altezza di inserzione della chioma, iv) misura di 4 raggi della proiezione a terra della chioma (8 per chiome irregolari); definizione dei diradamenti sperimentali; rilievo della rinnovazione. I diradamenti sono stati effettuati nel gennaio 1999. Dopo l’intervento sono state prelevate 30 rotelle alla base delle piante per determinare l’età del popolamento. Su 16 alberi modello del volume è stata misurata la massa per la scelta del miglior modello di cubatura. Dalla comparazione, il miglior modello è risultato la tavola a doppia entrata di HELLRIGL per i pini della Toscana (BERNETTI *et al.* 1969).

La pineta, all’impianto del protocollo, era una perticaia di 27 anni di età sottoposta da pochi anni ad un leggero intervento fitosanitario. Il popolamento rientra nel tipo *pineta neutro acidoclina di pino nero* (con caratteristiche al limite col tipo *eutrofico*) (MONDINO e BERNETTI 1998; BIANCHI e PACI 2002). Il piano arbustivo è praticamente inesistente; lo strato erbaceo molto lacunoso a graminacee e felce aquilina, la rinnovazione di pino e di altre specie arboree è assente.

L’impianto fu effettuato, su terreno ex pascolivo, a buche alternate a gradoni; fu impiegato soprattutto

**Tabella 1** - Parametri dendrometrico-strutturali del popolamento prima dell'intervento.  
*Dendrometric and structural parameters of the stand before thinning.*

	pino nero			abete bianco	altre specie	TOT
	D	CD	d			
<b>N</b> ha <sup>-1</sup>	650	653	436	73	13	1825
<b>G</b> ha <sup>-1</sup> m <sup>3</sup>	28,2	20,6	10,1	2,3	0,4	61,6
<b>V</b> ha <sup>-1</sup> m <sup>3</sup>	179,4	127,1	57,4	13,9	2,7	380,6
<b>Im</b> m <sup>3</sup>						14,1
<b>Dm</b> cm	23,5	20,1	17,3	19,8	19,7	20,7
<b>Hm</b> m	13,2	12,6	11,4	13,2	13,4	12,5
<b>H dom</b> m						13,6
<b>H/D</b>	58,3	64,7	68,8	74,2	73,0	63,9

pino laricio mescolato ad abete bianco e ad acero montano con una densità di circa 2.800 piante per ettaro (ANGERILLI 1970). Nel 1998, al momento dei primi rilievi, furono censite, tra piante vive e ceppaie residue all'intervento fitosanitario, circa 2.500 piante ad ettaro. Non fu riscontrato alcun esemplare di acero montano originario.

La struttura dendrometrica e sociale della pineta è sintetizzata in Tabella 1.

Il popolamento appartiene alla prima classe di fertilità secondo i parametri di altezza dominante della tavola alsometrica per le pinete di pino nero della Toscana (BERNETTI *et al. op. cit.*). La distribuzione in classi sociali dimostra una avanzata fase di competizione dovuta alla densità eccessiva per l'assenza di precedenti interventi intercalari. In particolare, la componente dominata di pino nero, numericamente ancora ben rappresentata, contribuisce per solo un sesto alla totalità dell'area basimetrica. Nel piano dominante è poi già forte la competizione tra le chiome: al grado di copertura delle chiome pari a 76.2%, corrisponde il grado di ricoprimento di 150.9%.

Le tre tesi di trattamento sono state:

- Tesi A: diradamento *forte*
- Tesi B: diradamento *moderato*
- Controllo: assenza di intervento

Per diradamento *forte* e *moderato* ci si riferisce alle definizioni della tavola alsometrica per il pino nero toscano (BERNETTI *et al. op. cit.*). L'entità del diradamento forte è superiore a quella ammissibile dal Regolamento Forestale della Toscana (REGIONE TOSCANA 2003) in assenza di autorizzazione.

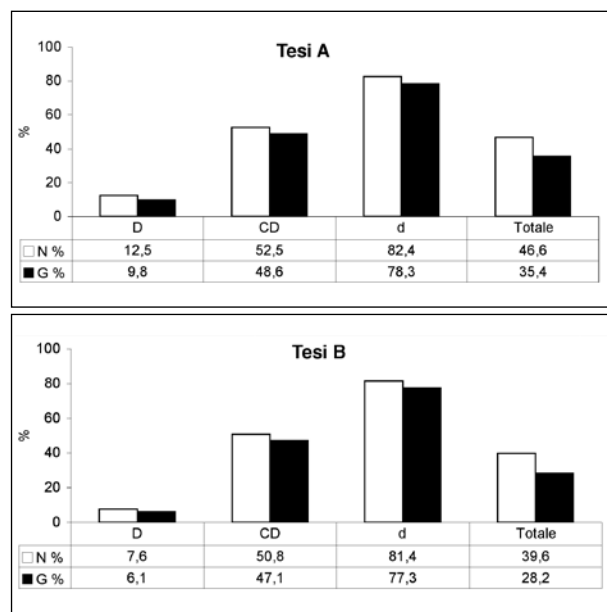
L'entità dei diradamenti ripartita per classi sociali è sintetizzata dalla Figura 2. Entrambi gli interventi sono stati di tipo misto, prevalentemente dal basso ma hanno inciso anche con criterio selettivo nelle classi sociali del piano dominante.

## Risultati

La tesi A (diradamento forte) ha visto l'utilizzazione del 47% del numero delle piante, pari al 35.5% di area basimetrica. L'intervento ha interessato quasi totalmente il piano dominato, circa la metà delle piante codominanti e per il 10% in termini di numero la classe dominante. Il rapporto tra il diametro medio delle piante diradate e quello delle piante prima del diradamento ( $K_d$ ) è pari a 0.85. Il grado di copertura delle chiome è passato da circa il 78% a poco più del 63%; il ricoprimento (ovvero la somma della copertura al suolo delle chiome in tutto l'asse verticale) dal 124% all'81% (Figura 3).

Nella tesi B (diradamento moderato) l'entità del diradamento è stata numericamente inferiore al 40%, pari al 28% di area basimetrica. L'intervento si differenzia dalla tesi diradamento *forte* essenzialmente per la selezione nella classe sociale dominante che è stata molto più blanda. Il  $K_d$  è pari a 0.83. L'intervento incide in termini di percentuale di copertura e di ricoprimento assai meno rispetto alla tesi A; in particolare il ricoprimento delle chiome dopo l'intervento rimane comunque superiore al 100%.

Ad otto anni dall'intervento sperimentale è possibile valutare le variazioni dei parametri dendrometrici e di struttura comparativamente tra le tesi. La sintesi dei valori di area basimetrica e volume ai tre inventari



**Figura 2** - Entità del diradamento per classi sociali (D-dominanti; CD-codominanti; d-dominante) nelle due tesi.  
*Thinning intensity in the two different thesis.*

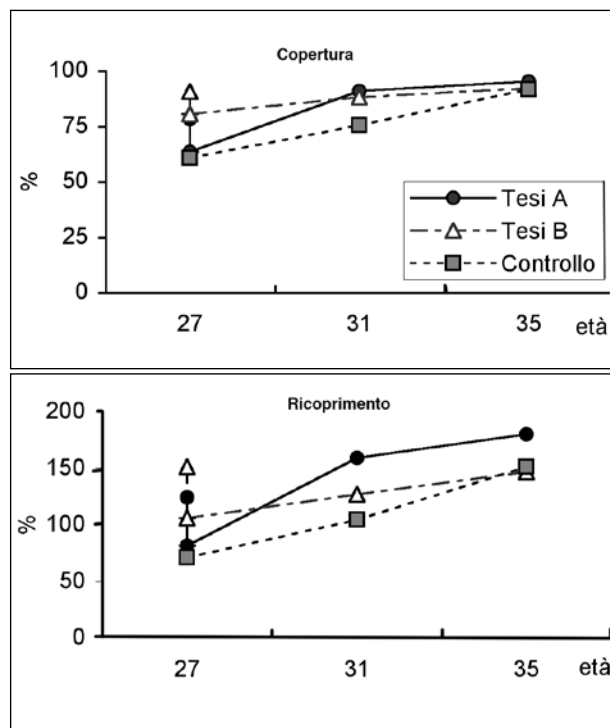
**Tabella 2** - Parametri dendrometrico-strutturali del popolamento ai tre inventari.  
*Dendrometric and structural parameters of the stand in the three inventories.*

età		Tesi A				Tesi B					Controllo				
		pino nero				pino nero			abete	altre	TOT	pino nero			
		D	CD	d	TOT	D	CD	d			TOT	D	CD	d	TOT
27	N ha	611	311	111	1033	630	270	60	130	40	1130	560	710	390	1660
	G ha m <sup>2</sup>	28,4	10,3	2,8	41,5	28,0	9,0	1,3	3,5	1,9	43,8	27,7	23,0	8,5	59,2
	V Ha m <sup>3</sup>	181,1	62,3	16,3	259,7	178,9	55,5	7,7	23,0	12,2	277,2	175,5	139,4	47,8	362,8
	Im m <sup>2</sup>				9,6						10,3				13,4
	H dom m				14,5						13,9				13,4
	H/D	54,9	61,7	67,9	58,4	56,6	62,1	70,0	77,3	56,9	61,0	53,7	62,2	68,9	60,8
età		pino nero				pino nero			abete	altre	TOT	pino nero			
		D	CD	d	TOT	D	CD	d			TOT	D	CD	d	TOT
31	N ha	611	322	100	1033	600	200	160	120	40	1120	570	580	510	1660
	G ha m <sup>2</sup>	32,8	12,2	3,0	47,9	31,0	8,2	5,0	4,4	2,3	50,9	32,1	21,4	13,0	66,4
	V Ha m <sup>3</sup>	242,0	85,7	20,1	347,7	229,2	60,5	35,1	31,7	18,4	374,9	234,1	152,7	84,6	471,5
	Im m <sup>2</sup>				11,2						12,1				15,2
	H dom m				16,9						16,3				15,5
	H/D	59,1	66,8	72,7	62,8	61,0	67,7	72,9	73,8	64,1	65,4	58,1	69,2	74,3	67,0
età		pino nero				pino nero			abete	altre	TOT	pino nero			
		D	CD	d	TOT	D	CD	d			TOT	D	CD	d	TOT
35	N ha	567	344	111	1022	530	220	210	120	40	1120	540	590	420	1550
	G ha m <sup>2</sup>	33,9	15,3	3,8	53,0	31,2	10,3	7,5	5,4	2,6	57,0	34,0	24,2	11,3	69,4
	V Ha m <sup>3</sup>	260,9	112,1	26,6	399,7	243,4	80,1	54,2	42,5	20,6	440,7	263,2	179,5	77,7	520,4
	Im m <sup>2</sup>				11,4						12,6				14,9
	H dom m				17,4						17,1				16,2
	H/D	58,6	64,8	71,0	62,0	60,5	66,2	71,0	72,4	58,8	64,8	58,6	68,4	76,8	67,3

è riportata in Tabella 2. L'andamento dei valori di copertura e ricoprimento per le tre tesi di trattamento è sintetizzata dai grafici di Figura 3.

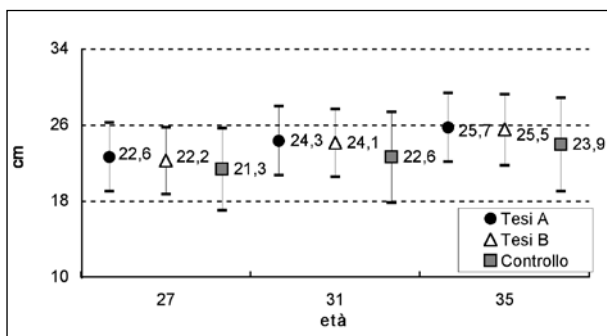
I parametri dendrometrici di sintesi del popolamento (area basimetrica e volume) rilevati nei due inventari successivi all'intervento mostrano un tasso incrementale superiore al modello alsometrico (BERNETTI *et al. op. cit.*). Non c'è per questi parametri una significativa differenza tra le tesi di trattamento nel periodo di osservazione. L'andamento dei parametri diametro medio e altezza media per tesi è sintetizzato nelle Figure 4 e 5. Anche la dinamica incrementale di questi parametri non si dimostra ancora sensibilmente influenzata dall'intensità dell'intervento nei successivi otto anni.

L'intensità di diradamento ha influenzato invece direttamente lo sviluppo delle chiome (Figura 6, Figura 7). La superficie media delle chiome del pino ha avuto un ritmo incrementale molto più sostenuto nella Tesi A, dove è più che raddoppiata, rispetto alle altre due tesi. Il fenomeno è ben visibile anche a livello di popolamento, in base all'analisi comparata dell'andamento della copertura e del ricoprimento dopo l'intervento (Figura 3). Le chiome nella tesi diradata

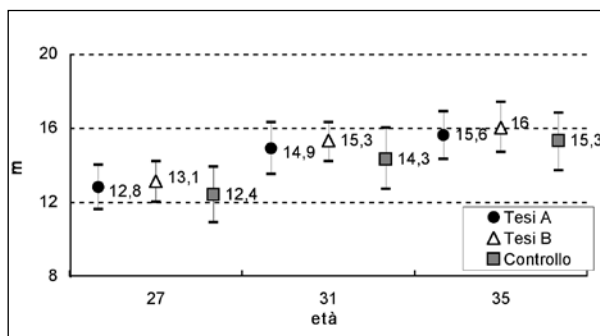


**Figura 3** - Andamento del grado di copertura e ricoprimento per tesi di trattamento.  
*Trend of canopy cover and crown overlapping for each thesis.*





**Figura 4** - Diametro medio per tesi di trattamento ai tre inventari.  
Average diameter for each thesis (1998, 2002, 2006).



**Figura 5** - Altezza media per tesi di trattamento ai tre inventari.  
Average height for each thesis (1998, 2002, 2006).

più intensamente hanno recuperato prontamente la superficie di insidenza già nel primo quadriennio dopo l'intervento, mantenendo un elevato ritmo di crescita anche nel periodo successivo. Da una percentuale del 63% in 8 stagioni vegetative si è passati alla quasi totale chiusura della copertura (circa il 95%). Al 2006 anche nelle altre tesi di trattamento le chiome hanno coperto integralmente il terreno. La reazione delle chiome al diradamento è dimostrata anche dall'andamento del parametro *ricoprimento* che, per la tesi A, a 8 anni dall'intervento, ha superato di gran lunga il valore del popolamento prima dell'intervento.

Per valutare l'influenza del diradamento sulla stabilità meccanica del popolamento gli indicatori considerati sono stati il rapporto ipsodiametrico  $H/D$  (Tabella 2) e il rapporto tra diametro della chioma e diametro del fusto  $D_c/d$  (Figura 8). Il rapporto ipsodiametrico della pineta prima dell'intervento era sostanzialmente buono (poco oltre 60 per la pianta media). Questo valore, associato alla corrispettiva profondità della chioma (42%) è inferiore alla soglia di rischio calcolata per i popolamenti di conifere (LA MARCA 1983, NOTARANGELO 1998). I migliori valori di  $H/D$  si avevano soprattutto nelle classi sociali dominante e codominante. Il diradamento ha comunque inciso positivamente sulla stabilità meccanica in modo direttamente proporzionale all'intensità dell'intervento. Dopo otto anni l'influenza positiva sulla stabilità è ancora evidente nel piano dominante soprattutto nella tesi diradamento *forte*. In tutte e tre le tesi, invece, la componente dominata è al limite della stabilità meccanica (valori di  $H/D$  superiori a 70 associati a percentuali di chioma pari a circa il 38%).

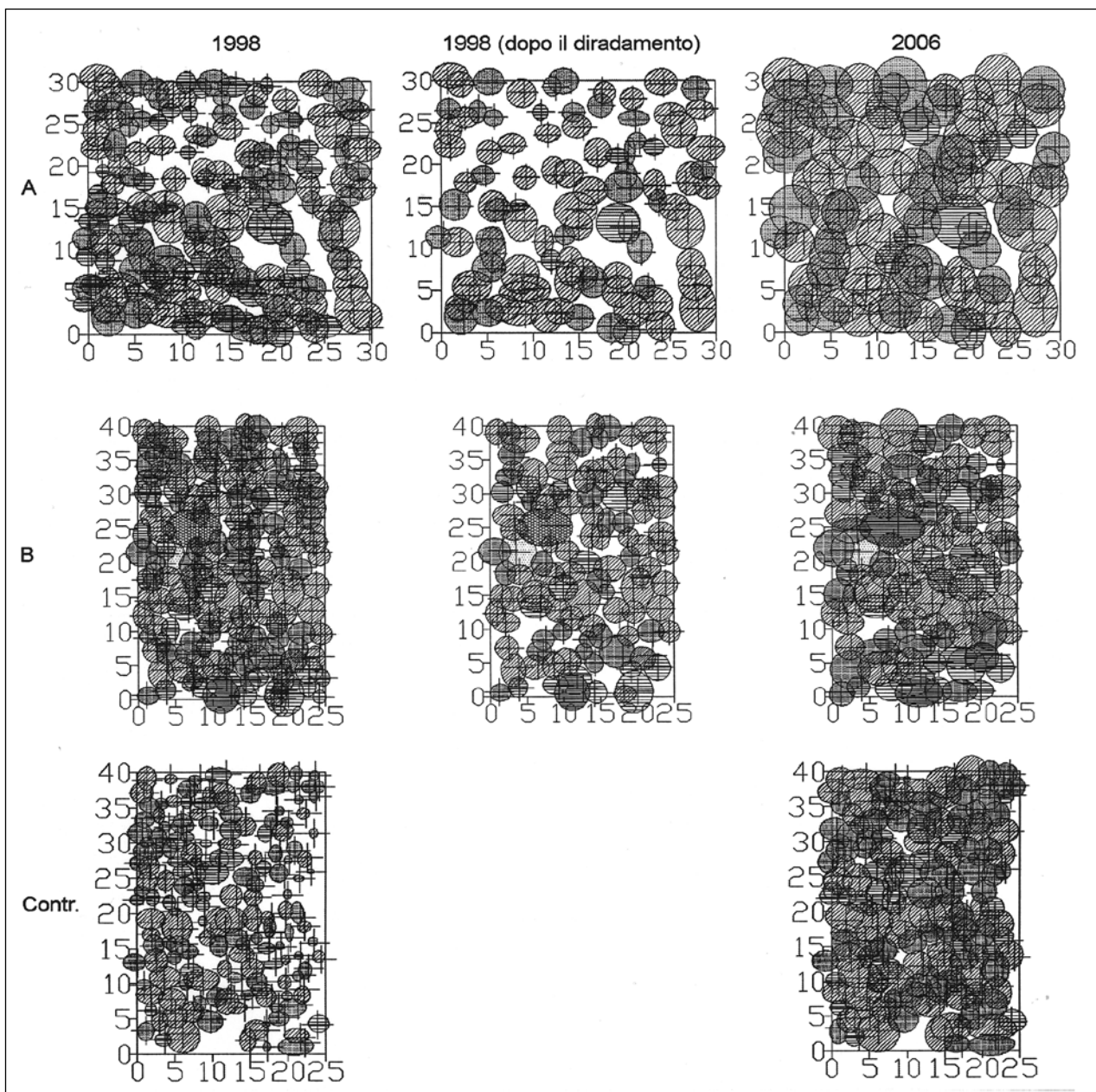
Il rapporto tra diametro della chioma e diametro del fusto alle tre età di rilievo è stato comparato col relativo indice estrapolato dal modello alsometrico per i popolamenti soggetti a diradamento celeroincremen-

tale (BERNETTI *et al. op. cit.*). Si suppone che l'indice tabulare si riferisca ad un valore ottimale di stabilità in quanto i campioni utilizzati per la costruzione del modello erano cresciuti in assenza di concorrenza. Immediatamente dopo il diradamento lo scostamento tra i valori misurati e quelli estrapolati dalla tavola era elevato in tutte le tesi. A 35 anni il divario tra valori reali e tabulari generalmente si riduce fino quasi ad annullarsi nel popolamento soggetto al diradamento di forte intensità. È importante che nei prossimi anni il rapporto  $D_c/d$  non superi quello tabulare per evitare di superare il punto critico che faccia prevalere l'aspetto destabilizzante dovuto alla grande superficie di intercettazione della chioma del vento o della neve rispetto alla capacità di ancoraggio da parte del fusto (PIUSSI 1986). La previsione è che al periodo di forte crescita dell'apparato fogliare, faccia seguito una fase di sostenuto incremento radiale del fusto soprattutto per la componente dominante del popolamento.

Ai rilievi precedenti il diradamento e nei due inventari successivi, la rinnovazione di pino e di latifoglie è risultata praticamente inesistente in tutte e tre le tesi di trattamento. Gli sporadici semenzali di acero montano e castagno censiti non hanno fatto registrare differenze significative nei valori di indice di rinnovazione (secondo MAGINI 1967) e di densità tra tesi trattate e controllo.

## Discussione

I risultati della sperimentazione hanno dimostrato l'utilità del diradamento al di là del suo immediato effetto incrementale. In particolare le conseguenze più rilevanti del diradamento, direttamente proporzionali alla sua intensità, sono state lo stimolo allo sviluppo della chioma e l'aumento del grado di stabilità del popolamento. Nonostante la tardiva età del primo



**Figura 6** - Struttura orizzontale al 1998 e 2006 per le tre tesi di trattamento.  
 Horizontal structure in 1998 and 2006 in the three thesis.

intervento si è registrata una notevole capacità delle chiome a ricostituirsi e a svilupparsi, in accordo con la nota plasticità della specie (CANTIANI *et al. op. cit.*). Tutti gli indicatori di stabilità meccanica individuale e di popolamento sono migliorati in seguito agli interventi in misura proporzionale all'entità degli stessi; negli otto anni successivi all'intervento non è stata registrata mortalità per le tesi diradate.

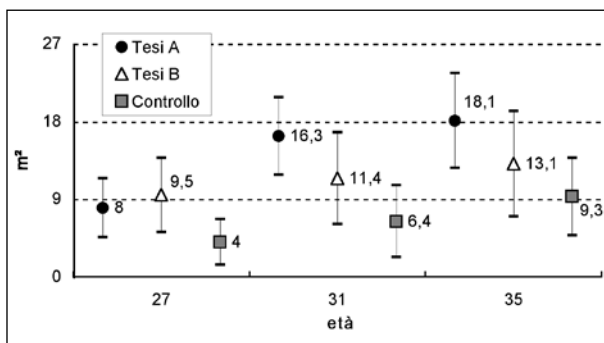
I diradamenti hanno lo scopo di migliorare l'efficienza complessiva del sistema. Recentemente PIOVANELLI *et al.* (2004), in un analogo protocollo spe-

rimentale in Pratomagno realizzato per la valutazione di diradamenti in popolamenti di pino nero di circa 40 anni comparabili per modalità e intensità a quelli presentati in questo contributo (CANTIANI *op. cit.*), ha dimostrato l'effetto positivo del diradamento sulle caratteristiche chimiche e microbiologiche del suolo, con incremento della massa microbica e della sua attività respiratoria.

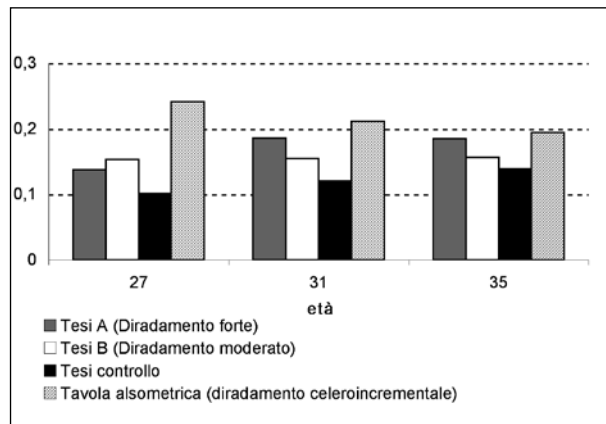
In accordo con BIANCHI *et al. (op. cit.)*, la sperimentazione ha evidenziato che per pinete di buona fertilità in assenza di sfollo precedente sarebbero auspicabili

interventi di entità superiore a quella attualmente imposta dall'attuale legislazione regionale toscana (40% del numero delle piante). Nella prova sperimentale il diradamento di maggiore intensità (tesi A) è quello che ha maggiormente inciso sui parametri di funzionalità del popolamento. In effetti questo limite, basato esclusivamente sul numero di alberi ammessi al taglio piuttosto che sulla loro qualità, è quello che, nelle pinete di buona fertilità, distingue l'intervento prettamente "dal basso" da quello di tipo misto, per il quale sono necessarie valutazioni di tipo colturale. Il pino d'altronde, per la sua spiccata eliofilia, si avvantaggia da interventi mirati all'ottimizzazione della luce per le chiome e quindi da interventi che incidano anche nel piano superiore del profilo verticale del popolamento. La martellata per questa modalità di diradamento necessita di una buona professionalità tecnica e quindi, in ultima analisi, comporta un aumento dei costi indiretti dell'intervento. D'altro canto l'intensità *forte* del primo diradamento in popolamenti di buona fertilità può permettere di allungare il periodo tra il primo e il secondo intervento intercalare. Mentre la tesi diradamento *moderato* pare avere esaurito l'effetto incrementale in un periodo inferiore al decennio, il popolamento trattato con diradamento *forte* ha impiegato lo stesso periodo a formare un vigoroso apparato fogliare e si prevede che impiegherà le prossime stagioni vegetative a riequilibrare adeguatamente l'area basimetrica.

Il diradamento, pur costituendo un costo gestionale, indipendentemente dall'intervento di rinnovazione previsto, rappresenta un investimento imprescindibile per la costituzione di una struttura pronta alla successione verso formazioni a maggior grado di equilibrio ecologico, in altre parole verso il processo comunemente conosciuto come "rinaturalizzazione".



**Figura 7** - Superficie media della chioma per tesi di trattamento ai tre inventari.  
Average crown area for each thesis (1998, 2002, 2006)



**Figura 8** - Rapporto tra diametro medio della chioma e diametro medio per tesi di trattamento ai 3 inventari. Confronto col modello alsometrico.  
Ratio between average crown diameter and average stem diameter per thesis. Comparison with the alsometric model.

## Ringraziamenti

Si desidera ringraziare il dott. Stefano Samaden della Comunità Montana Pratomagno che ha reso possibile l'intervento sperimentale. Si ringraziano Elisa Castellucci, Andrea Ciofini, Isabella De Meo, Valentina Giulietti, Luigi Mencacci per il loro essenziale contributo in fase di rilievi.

## Bibliografia

- AMORINI E., 1983 - *Prove di diradamento nella pineta di pino nero di Monte della Modena sull'Appennino Toscano*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 14: 101-148.
- ANGERILLI A., 1970 - *Comune di Loro Ciuffenna. Rimboschimenti eseguiti nei terreni dell'A.S.F.D. dall'Ispettorato Dipartimentale delle Foreste di Arezzo*. Relazione inedita.
- BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B., 1969 - *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio della Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 10-40.
- BERNETTI G., 1986 - *I piani di diradamento nell'ambito dell'assetamento forestale*. Monti e Boschi, 6: 23-32.
- BERNETTI G., 1998 - *Problemi e prospettive della selvicoltura nell'Appennino Centro Settentrionale*. In: Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Volume II: 79-112.
- BIANCHI L., PACI M., 2002 - *Tipologia delle pinete di pino nero del Parco Nazionale Foreste Casentinesi*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, 51: 73-120.
- BIANCHI L., MALTONI A., MARIOTTI B., PACI M., 2005 - *La selvicoltura delle pinete della Toscana. Il pino nero e il pino laricio*. ARSIA. Firenze, 173 pp.
- CANTIANI P., 2000 - *Indicazioni gestionali in rimboschimenti di pino nero dell'Appennino Centro-settentrionale*. In: Atti del II Congresso SISEF, Bologna: 125-130.

- CANTIANI P., IORIO G., PELLERI F., 2005 - *Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Perugia)*. Forest@, 2 (2): 207-216. [online] URL: <http://www.sisef.it/>
- CIANCIO O., 1986 - *Diradamenti: criteri generali, problemi e tecniche*. Monti e Boschi, 6: 19-22.
- LA MARCA O., 1983 - *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, 32: 69-114.
- MAGINI E., 1967 - *Ricerche sui fattori della rinnovazione dell'abete bianco sull'Appennino*. Italia Forestale e Montana, XXII (3): 126-147.
- MERCURIO R., 2003 - *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti: tra aspettative e realtà scientifica*. In: Atti del III Congresso SISEF Meridiani Foreste, Potenza: 19 - 25.
- MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 - *I tipi forestali*. In *Boschi e Macchie di Toscana*. Regione Toscana, Giunta Regionale, 358 pp.
- NOTARANGELO G., 1998 - *Possibilità per l'arboricoltura da legno in impianti artificiali derivanti da rimboschimento. Il caso delle pinete di pino nero (Pinus nigra Arn.) del Casentino (Arezzo)*. (Tesi di dottorato). Università degli studi di Firenze, Istituto di Assestamento e Tecnologia forestale.
- PIOVANELLI C., GAMBA C., BATISTONI E., 2004 - *Valutazione della stabilità e funzionalità degli ecosistemi tellurici in rimboschimenti di Pinus Nigra tramite indicatori biologici del suolo*. Ri.Selv.Italia. Milano 16 settembre 2004. (poster).
- PIUSSI P., 1986 - *Diradamenti e stabilità dei soprassuoli*. Monti e Boschi, 4: 9-13.
- REGIONE TOSCANA, 2003 - *Regolamento Forestale della Toscana*. 8 agosto 2003 n° 48/R.

# Rimboschimenti della Presila di Cosenza: tre conifere a confronto §

Vincenzo Bernardini<sup>1\*</sup>, Erica Clerici<sup>1</sup>

*Accettato il 12 settembre 2008*

**Riassunto** – Viene effettuata una comparazione tra rimboschimenti puri di cedro dell'Atlante, douglasia verde e pino laricio di Calabria, realizzati nella Presila di Cosenza alla metà degli anni 70 del secolo scorso, con identiche modalità e nelle medesime condizioni stazionali. Sebbene negli anni successivi alla messa a dimora delle piantine non siano mai stati effettuati risarcimenti ed interventi colturali, i risultati conseguiti dagli impianti sono da ritenersi, in relazione alla loro principale finalità che riguardava l'assolvimento di compiti essenzialmente protettivi, sicuramente positivi. I dati relativi alle fallanze e alla mortalità confermano la grande capacità di attecchimento e di generare soprassuoli densi e puri da parte del pino laricio, mentre quelli incrementali fanno prevalere la douglasia. L'attuale densità dei popolamenti non permette, al loro interno, l'insediamento e l'affermazione della rinnovazione sia delle tre conifere che di altre specie arboree. Le indagini sullo stato fitosanitario, condotte nelle aree di saggio, non evidenziano per i tre rimboschimenti sintomi di sofferenza legati a questo aspetto, mentre le piante margine della pineta, sui versanti caldi, risultano fortemente esposte agli attacchi di processionaria. Oggi l'esigenza primaria, per questi soprassuoli, è rappresentata dall'attuazione di adeguati interventi selvicolturali che mirino: a regolare la densità e struttura, ad accrescerne la stabilità biologica, ad avviarli verso un processo di rinaturalizzazione.

**Parole chiave:** *Rimboschimenti, conifere, cedro dell'Atlante, douglasia verde, pino laricio di Calabria.*

**Abstract** – Reforestation of Presila di Cosenza: three conifers compared. A comparison was made between forestations of Atlas cedar, Douglas fir and Calabrian pine realized in the mid-70s of the last century with identical modalities and in the same station conditions, in the Presila of Cosenza. The results achieved by the plantations must be considered, according to their main aim that was concerned with the fulfilments of essentially protective tasks, definitely positive. The data relating the rates of take and mortality through the years confirm the great ability to colonise and to form thick and pure crops on behalf of the calabrian pine, while the incremental ones emphasise the Douglas fir as a species with a quicker growth. The densities does not allow, in the test areas, the regeneration to assert itself. Surveyings on the phytosanitary state of the forest stands do not evidence, in the test areas, symptoms of suffering, while the margin plants in the warm slopes of the pine-wood strongly turn out exposed to the processionary attacks. The more important requirement, for the investigated crops, is represented by the carrying-out of silvicultural cuttings, which aim at: regulating their thickness and structure, increasing their biological stability, creating favourable conditions for their renaturalization

**Key words:** *Forestations, conifers, Atlas cedar, Douglas fir, Calabrian pine.*

*F.D.C.: 232 : 174.7 : (450.78)*

## Introduzione

Nella seconda metà del secolo scorso sono state realizzate, in Calabria, ingenti opere di rimboschimento, finanziate dallo Stato, a finalità prevalentemente protettiva.

Un'importante passaggio preliminare alla loro esecuzione, ha riguardato la scelta delle conifere da impiegare nelle aree pedemontane della regione rientranti nella fascia fitoclimatica del *Castanetum*.

Particolare attenzione è stata posta sulle aghifoglie indigene ed esotiche indicate nel 1952 da PAVARI (MAIOLO 1998), in uno studio predisposto dall'O.V.S. (Opera Valorizzazione Sila, oggi A.R.S.S.A.: Agenzia Regionale per lo Sviluppo e i Servizi in Agricoltura),

come potenzialmente idonee a garantire un'efficace e veloce copertura forestale del suolo o a migliorare e diversificare la produzione legnosa.

La sperimentazione in Calabria di conifere esotiche ha avuto notevole impulso col varo delle Leggi Speciali n. 1177 del 26/11/1955, n. 980 del 10/07/1962 e n. 437 del 28/03/1968 che vedevano, come principale finalità, il recupero della stabilità idrogeologica di parte dei territori regionali montani e collinari attraverso, soprattutto, gli interventi di forestazione.

Interventi che hanno dato anche l'opportunità di testare l'adattabilità di specie introdotte, alle condizioni stazionali di tali territori, su superfici più ampie rispetto a quelle costituenti le parcelle sperimentali che lo stesso PAVARI, tra notevoli difficoltà logistiche

§ Lavoro svolto in parti uguali dagli autori.

<sup>1</sup> CRA - Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo. Tel +39.0984.32989 Fax +39.0984.32989

\* Autore corrispondente [vincenzo.bernardini@entecra.it](mailto:vincenzo.bernardini@entecra.it).

e operative, poté realizzare nella regione nei primi decenni del '900 (AVOLIO e BERNARDINI 2000).

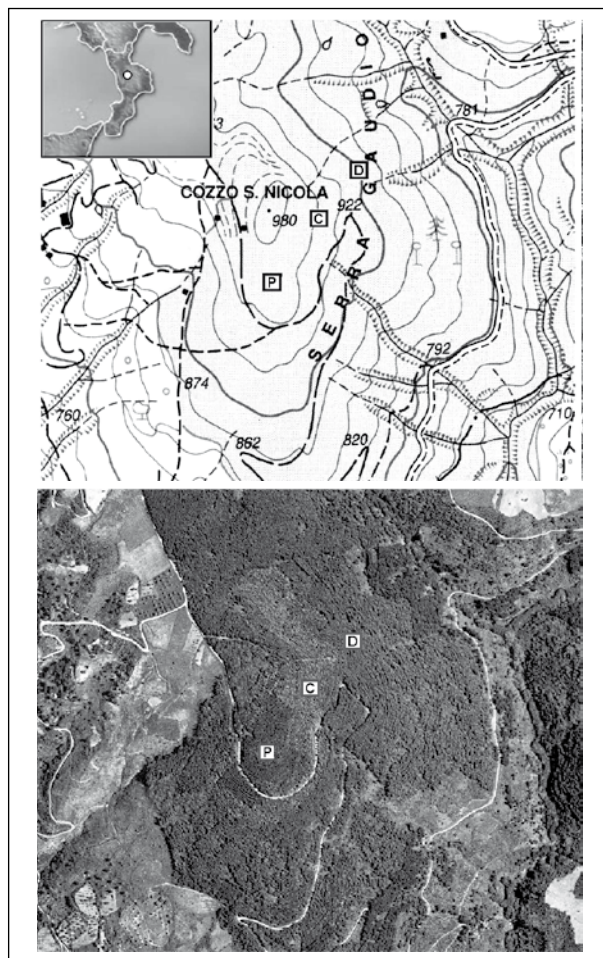
In alcuni casi, è stato effettuato un confronto diretto tra aghifoglie indigene ed esotiche con la costituzione di soprassuoli misti (AVOLIO e CIANCIO 1980) o puri a diretto contatto.

Situazione, quest'ultima, dalla quale trae spunto il presente contributo che riporta e confronta dati dendroauxometrici ed aspetti riguardanti lo stato bioecologico di tre rimboschimenti dell'età di 34 anni realizzati, nella medesima località e con le stesse modalità, impiegando due conifere esotiche - il cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carriere) e la douglasia verde (*Pseudotsuga menziesii viridis*) - e una autoctona - il pino laricio di Calabria (*Pinus laricio* Poiret) - tipica del paesaggio forestale montano calabrese ma che, nel contesto considerato, risulta posta al di sotto del limite altimetrico inferiore del suo areale naturale silano.

Inoltre, l'acquisizione di informazioni relative allo stato attuale di questi soprassuoli e delle dinamiche evolutive che li hanno fin qui caratterizzati, costituisce premessa fondamentale per una loro corretta gestione selvicolturale.

## L'ambiente

I rimboschimenti in esame (Foto 1, 2 e 3) sono stati realizzati su ex pascoli e coltivi della Presila tirrenica di Cosenza in località Serra Gaudio (Figura 1, Foto 4) del territorio comunale di Rose (individuabile sul



**Figura 1, Foto 4** - Localizzazione geografica e veduta aerea dei rimboschimenti (C: cedro dell'Atlante; D: douglasia verde; P: pino laricio).  
Geographical localization and aerial view of plantations (C: atlas cedar; D: douglas fir; P: calabrian pine).



**Foto 1. 2. 3** - Serra Gaudio. Rimboschimenti di cedro dell'Atlante, douglasia verde e pino laricio all'età di 34 anni.  
Serra Gaudio. 34 years old plantations of Atlas cedar, Douglas fir and Calabrian pine.

foglio IGM 1:25.000 n. 560 sez. IV Celico), ad un'altitudine media di 900 m s.l.m., esposizione prevalente ad Est e fattore topografico di pendio con declività media del 35%.

La stazione di rilevamento meteo, posta nella Presila di Cosenza, che meglio consente di valutare le caratteristiche climatiche della zona, è quella di Pinutello (1005 m s.l.m.), i cui dati acquisiti in circa un sessantennio di osservazioni (Figura 2, Tabella 1) evidenziano un clima di tipo mediterraneo submontano, con precipitazioni piovose concentrate nel periodo autunno-invernale e siccità estiva.

In particolare l'apporto meteorico annuo risulta pari a 1179 mm (P max in dicembre con 178 mm; P min in luglio con 20 mm) e la temperatura media 11°C (T max in agosto con 20°C; T min in gennaio con 3°C).

Secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari, l'area in esame ricade prevalentemente nella sottozona fredda del *Castanetum*.

L'ossatura geologica superficiale del territorio è costituita da graniti a grana grossolana, granodioriti, quarzodioriti e rocce metamorfiche.

Su tali substrati e su versanti a pendenza media o medio-alta si riscontrano solitamente, secondo indagini svolte nell'area geografica silana (VECCHIO *et al.* 2000) suoli appartenenti agli *Haplumbrept* (tipici

o litici) franchi o franco sabbiosi, poco profondi, ben drenati e a reazione da moderatamente a debolmente acida.

La vegetazione forestale della Presila tirrenica di Cosenza, tra gli 800 e i 1000 m di quota, è caratterizzata da formazioni di latifoglie decidue mesotermofile con prevalenza di castagno (*Castanea sativa* Mill.), cerro (*QUERCUS CERRIS* L.) e ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.). Trovano inoltre diffusione, per piante isolate o a gruppi: il farnetto (*Quercus frainetto* Ten.) l'acero opalo (*Acer opalus* Mill.), il carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), il pioppo gatterino (*Populus x canescens* (Aiton) Sm.), il frassino ossifillo (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), l'acero campestre (*Acer campestre* L.), l'orniello o frassino minore (*Fraxinus ornus* L.), il tiglio selvatico (*Tilia cordata* Mill = *T. parvifolia* Ehrh.), il noce comune (*Juglans regia* L.), il ciliegio montano (*Prunus avium* L.).

## I rimboschimenti

Gli interventi di rimboschimento di Serra Gaudio sono stati finanziati dalla Legge Speciale n. 437 del 28/03/1968 e realizzati dall'O.V.S. alla metà degli anni 70 del secolo scorso. Le superfici interessate ammontano a circa 35 ha per gli impianti di douglasia, 25 ha per quelli di pino e 8 ha per quelli di cedro.

La loro principale finalità riguardava, come detto, l'assolvimento di compiti essenzialmente protettivi.

L'impianto, con sesto a settonce, è avvenuto per piantagione su gradoni tracciati lungo le curve di livello, distanziati mediamente di 4 m, al cui interno sono state aperte, ogni 2 m, buche di 40x40x40 cm per accogliere il postime di 2-3 anni. La media risultava, quindi, pari a 1200 piante ad ettaro (P ha<sup>-1</sup>), con variazioni (1050-1350 P ha<sup>-1</sup>) determinate dal grado di pendenza del suolo.

Negli anni successivi alla messa a dimora delle piantine non sono stati effettuati risarcimenti e le cure colturali sono consistite solo in zappettature e ripuliture.

Va sottolineato che, fino al raggiungimento dell'attuale stadio evolutivo di perticaia, nei rimboschimenti non è stato operato alcun taglio intercalare. L'eventuale diminuzione di densità, rispetto a quella iniziale è stata quindi determinata dalle fallanze, dalla selezione naturale o dalla morte (in genere per cause meteoriche) di singole piante nel corso del tempo.

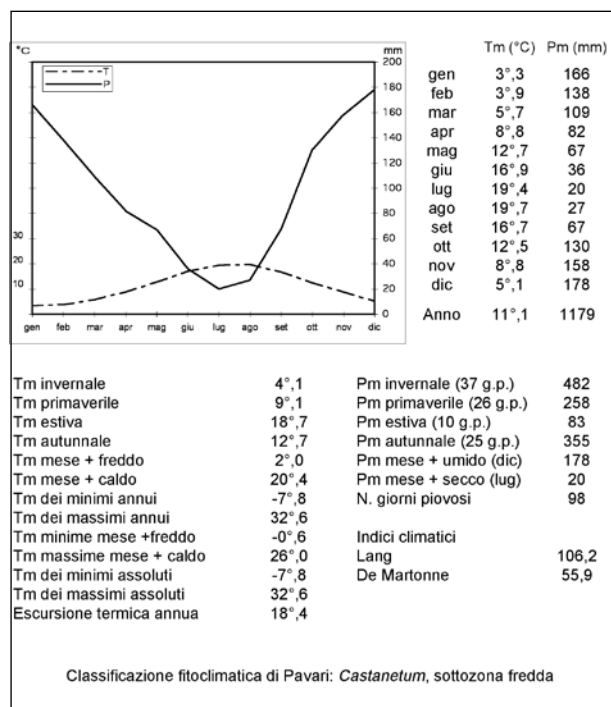


Figura 2, Tabella 1 - Diagramma di Bagnouls e dati termopluviometrici. Climatic diagram and site characteristics.

## Materiali e metodi

Per poter operare un confronto diretto tra i tre rimboschimenti, la prima condizione che si è cercato di soddisfare è stata quella di individuare, nell'area geografica di Serra Gaudio, popolamenti che presentassero aspetti stazionali simili.

Sono state quindi realizzate nove aree di saggio di 300 m<sup>2</sup> (tre per ognuna delle conifere indagate) caratterizzate da: quote comprese tra i 900 ed i 920 m s.l.m., esposizione ad Est, fisiografia di versante con pendenza tra il 20-30%, substrato pedogenetico composto prevalentemente da graniti.

Nelle aree si è provveduto: alla numerazione e cavallettamento a 1.30 m delle piante presenti, alla misurazione delle altezze su un campione di piante rappresentativo delle varie classi diametriche riscontrate e all'annotazione delle fallanze sui singoli gradoni.

Sono stati inoltre effettuati, su tutta la superficie delle aree, rilievi sulla rinnovazione naturale eventualmente presente (conteggio individui, distribuzione per specie, misurazione dimensioni ed età) e sullo stato delle piante adulte (numero piante vive e secche, presenza sulle vive di eventuali sintomi di sofferenza quali ad es. ingiallimento o scarsa densità della chioma, ferite sui fusti ecc.).

Per ogni area è stato quindi possibile determinare: densità di impianto (data dalla somma delle piante presenti, delle fallanze e di quelle morte nel corso degli anni ancora in piedi o delle quali rimaneva traccia nel terreno), distanza media di impianto ed attuale  $d = \sqrt{100000/Nx} \cdot 0.866$  (CIANCIO e MARTIRE 1971), mortalità, diametro medio (diametro della pianta di area basimetrica media) e dominante (media aritmetica

delle 100 piante più grosse ad ettaro), altezza media e dominante, altezza dei palchi secchi e verdi, rapporto ipsodiametrico, presenza e stato della rinnovazione, area basimetrica media e totale, volume medio e totale (e relativi incrementi medi).

In particolare, per il calcolo dei volumi si è fatto ricorso a tavole di cubatura ad una entrata, non ancora pubblicate, realizzate con l'abbattimento e misurazione a terra di alberi modello delle tre specie in occasione anche di prove di diradamento, tuttora in corso a cura della Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo del CRA, in rimboschimenti di pari età della Presila.

Infine, i valori riguardanti: fallanze, mortalità, diametri medi, altezze medie, aree basimetriche e volumi, sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA). In presenza di valori di F significativi si è proceduto a evidenziare le differenze tra le specie con il test di Student.

## Analisi dei dati

Dai rilievi in bosco è emersa una densità media di impianto pari a 1197 P ha<sup>-1</sup> per il rimboschimento di cedro, 1232 P ha<sup>-1</sup> per quello di douglasia e 1133 P ha<sup>-1</sup> per quello di pino (Tabella 2). Le distanze medie tra le piantine erano quindi rispettivamente 3.1, 3.1 e 3.2 m.

Le fallanze, ovvero il numero di piantine che non hanno superato i primi anni dalla messa a dimora, sono pari al 29.4% (352 P ha<sup>-1</sup>) del loro numero iniziale per il cedro, al 10.2% (126 P ha<sup>-1</sup>) per la douglasia e allo 0.0% per il pino (Figura 3).

La mortalità, verificatasi nel corso degli anni, si

**Tabella 2** - Rimboschimenti di conifere di Serra Gaudio: principali parametri dendrometrici.  
*Conifers plantations in the Serra Gaudio: main dendrometrical parameters.*

Specie	Area	Densità impianto n ha <sup>-1</sup>	Dist. m impianto m	Fallanze %	Mortalità %	Densità attuale n ha <sup>-1</sup>	Dist. m attuale m	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	hg/dg	G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	ImV m <sup>3</sup>
Cedro	1	1202	3,1	27,5	4,6	816	3,8	23,7	31,3	19,08	20,84	80,5	36,10	428,21	12,59
Cedro	2	1281	3,0	29,8	8,2	795	3,8	23,9	32,3	19,13	21,04	80,0	35,62	444,73	13,08
Cedro	3	1107	3,2	30,9	6,7	689	4,1	25,0	33,7	19,42	21,31	77,7	33,78	419,12	12,33
Douglasia	1	1227	3,1	8,3	17,7	908	3,6	29,1	39,8	26,91	29,77	92,5	60,20	628,06	18,47
Douglasia	2	1294	3,0	16,1	20,3	823	3,7	30,0	41,6	27,19	30,18	90,6	58,02	609,40	17,92
Douglasia	3	1175	3,1	6,1	19,8	872	3,6	29,4	41,0	27,00	30,04	91,8	58,85	618,33	18,19
Pino	1	1067	3,3	0,0	0,0	1067	3,3	26,0	33,1	18,39	19,60	70,7	56,51	619,27	18,21
Pino	2	1233	3,1	0,0	2,7	1201	3,1	25,8	32,0	18,35	19,43	71,1	57,42	607,20	17,86
Pino	3	1100	3,2	0,0	0,0	1100	3,2	26,7	34,2	18,52	19,77	69,4	67,75	614,06	18,06
Cedro	Medie	1197	3,1	29,4	06,5	767	3,9	24,2	32,4	19,21	21,06	79,4	35,17	430,69	12,67
Dougl.	Medie	1232	3,1	10,2	19,3	868	3,7	29,5	40,8	27,03	30,00	91,6	59,02	618,60	18,19
Pino	Medie	1133	3,2	0,0	0,9	1123	3,2	26,2	33,1	18,42	19,60	70,4	60,56	613,51	18,04



attesta invece su dei valori pari al 6.5% (78 P ha<sup>-1</sup>) per il cedro, al 19.3% (238 P ha<sup>-1</sup>) per la douglasia e allo 0.9% (10 P ha<sup>-1</sup>) per il pino.

La densità attuale è quindi pari a 767 P ha<sup>-1</sup> per il cedro, 868 P ha<sup>-1</sup> per la douglasia e 1123 P ha<sup>-1</sup> per il pino, mentre la distanza media risulta rispettivamente 3.9 m, 3.7 m e 3.2 m.

Il diametro medio, a 34 anni, per il rimboschimento di cedro è 24.2 cm; per la douglasia 29.5 cm; per il pino 26.2 cm. I diametri dominanti risultano inoltre 32.4 cm per il cedro, 40.8 cm per la douglasia e 33.1 cm per il pino.

La distribuzione percentuale del numero totale di piante per classi di diametro di 5 cm (Figura 4) presenta: per il cedro il massimo a 25 cm (col 27.5% delle osservazioni); per la douglasia il massimo a 30 cm (30.8%); per il pino il massimo a 25 cm (43.6%).

L'altezza media è per il cedro 19.21 m; per la douglasia 27.03 m; per il pino 18.42 m.

Si registrano per la douglasia valori di altezze, a parità di diametro, sensibilmente superiori rispetto a quelli del cedro e del pino, come evidenziato anche dal confronto delle rispettive curve ipsometriche (Figura 5).

Le altezze dominanti ed i rapporti ipsodiametrici risultano inoltre rispettivamente pari a 21.06 m e 79.4 per il cedro, 30.00 m e 91.6 per la douglasia, 19.60 m e 70.4 per il pino.

La profondità della chioma verde, in tutti e tre i popolamenti, è circa 1/3 dell'altezza totale della pianta, mentre i palchi secchi iniziano da 3-4 m da terra per il cedro ed il pino e da 1 m per la douglasia.

L'area basimetrica ed il volume ad ettaro, per il cedro, risultano rispettivamente 35.17 m<sup>2</sup> e 430.69 m<sup>3</sup>; per la douglasia 59.02 m<sup>2</sup> e 618.60 m<sup>3</sup>; per il pino laricio 60.56 m<sup>2</sup> e 613.51 m<sup>3</sup>.

L'area basimetrica media ed il volume medio sono rispettivamente pari a 0.046 m<sup>2</sup> e 0.56 m<sup>3</sup> per il cedro; 0.068 m<sup>2</sup> e 0.71 m<sup>3</sup> per la douglasia; 0.054 m<sup>2</sup> e 0.55 m<sup>3</sup> per il pino.

Dall'ANOVA sono risultati valori di F significativi per tutti i parametri considerati (Tabella 3). Il test di Student ha evidenziato differenze significative per  $\alpha < 0.005$  riguardo i confronti douglasia-pino e douglasia-cedro, per  $\alpha < 0.05$  per il confronto pino-cedro.

Dai rilievi sulla rinnovazione (sia delle tre conifere che di eventuali altre specie forestali) è risultata la sua totale assenza nel rimboschimento di douglasia e la sporadica presenza in quelli di cedro (167 P ha<sup>-1</sup>) e di

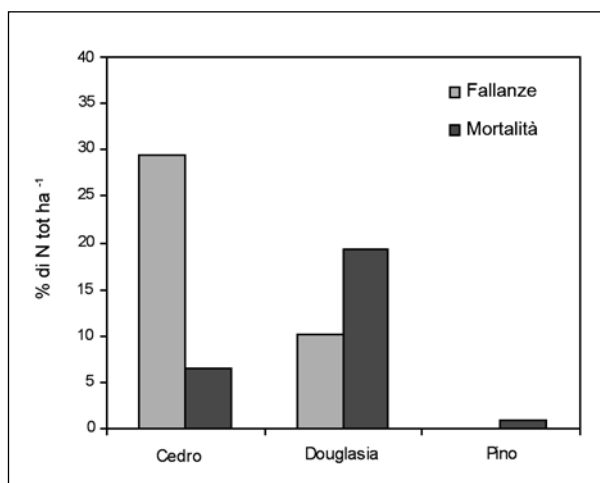


Figura 3 - Fallanze e mortalità nei tre rimboschimenti. *Blanks and mortalities.*

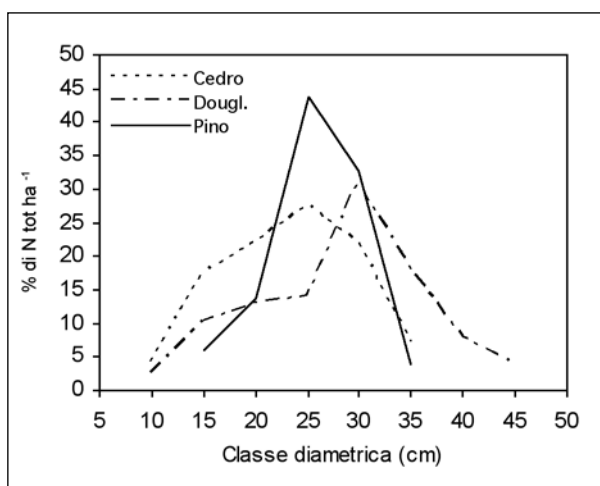


Figura 4 - Distribuzione delle piante in classi diametriche. *Tree distribution per dbh classes.*

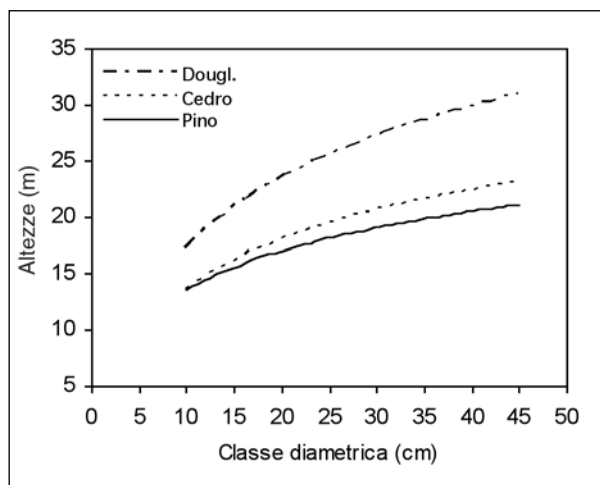


Figura 5 - Curve ipsometriche. *Height curves.*

**Tabella 3** - Analisi della varianza per i parametri considerati  
*Analysis of variance of main parameters*

<b>Fallanze</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	1337,642222	2	668,821111	65,5207	0,000083926	5,14325285
Nei gruppi	61,246667	6	10,207778			
Totale	1398,888889	8				
<b>Mortalità</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	531,682222	2	265,841112	104,8913	0,000021498	5,14325285
Nei gruppi	15,206667	6	2,534445			
Totale	546,888889	8				
<b>dg</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	43,068889	2	21,534444	69,9675	0,000069498	5,14325285
Nei gruppi	1,846667	6	0,307778			
Totale	44,915556	8				
<b>hg</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	132,757356	2	66,378678	1409,979	0,000000010	5,14325285
Nei gruppi	0,282467	6	0,047078			
Totale	133,039823	8				
<b>G</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	1216,323267	2	608,161633	43,7637	0,000264020	5,14325285
Nei gruppi	83,378933	6	13,896489			
Totale	1299,702200	8				
<b>V</b>						
Origine della variazione	SQ	gdl	MQ	F	Valore di significatività	F critico
Tra gruppi	68784,826667	2	34392,413333	352,4575	0,000000601	5,14325285
Nei gruppi	585,473333	6	97,578889			
Totale	69370,300000	8				

pino (200 P ha<sup>-1</sup>) di piantine di castagno e cerro di età, in ogni caso, mai superiore ai 2-3 anni.

Le valutazioni sullo stato fitosanitario dei popolamenti non hanno evidenziato, all'interno delle aree di saggio, particolari sintomi di sofferenza legati a tale aspetto. Va però sottolineato che le piante margine delle pinete sui versanti sud e sud-est di Serra Gaudio risultano, attualmente, soggette a forti attacchi di processionaria (*Thaumetopea pityocampa* Den. e Schiff), con proliferazione (nell'ultimo biennio anche

nei mesi di ottobre e novembre) dei nidi dell'insetto sulle chiome (Foto 5) favorita da temperature medie autunnali ed invernali sensibilmente al di sopra della norma.

## Conclusioni

A distanza di 34 anni dall'impianto, i risultati conseguiti dai tre rimboschimenti sono da ritenersi, in relazione alla loro principale finalità protettiva, sicuramente positivi.

In tale periodo si registra infatti il passaggio, per l'area di Serra Gaudio, da una situazione di pascoli nudi ed ex coltivi soggetti a dilavamento ed erosione ad un'estesa vegetazione forestale.

E ciò a conferma di quanto già evidenziato, in passato, da ricerche condotte in popolamenti artificiali di douglasia (MENGUZZATO e TABACCHI 1986) e pino (AVOLIO e CIANCIO 1979, AVOLIO *et al.* 1989) realizzati nel piano submontano calabrese.

Per il cedro non esistono, al momento, analoghi riferimenti riguardanti rimboschimenti nella regione confrontabili col soprassuolo qui indagato.

Le percentuali di fallanze e mortalità registrate ribadiscono, con valori pari praticamente a zero, l'elevata capacità di attecchimento e l'attitudine del pino a costituire soprassuoli puri e densi sui terreni sabbiosi di derivazione granitica della Presila tirrenica di Cosenza (AVOLIO e BERNARDINI 1997). Riguardo invece il cedro e la douglasia, pur assumendo, dette percentuali, valori complessivi pari rispettivamente al 36 e 30% del numero di piante messe a dimora non pre-



**Foto 5** - Attacchi di processionaria sui popolamenti di pino di Serra Gaudio.  
*Attacks of the pine processionary in the Serra Gaudio plantations.*

giudicano, al momento, un elevato grado di copertura e protezione del suolo da parte delle chiome.

Il confronto delle curve di distribuzione delle piante in classi diametriche evidenzia la maggiore omogeneità, in tal senso, della pineta, ove si registra un'altissima percentuale di piante appartenenti alle classi centrali (25 e 30 cm) ed un *range* di variazione dei diametri compreso tra i 35 e 15 cm.

Le densità di impianto adottate in località Serra Gaudio (circa 1200 P ha<sup>-1</sup>), sensibilmente inferiori rispetto a quelle generalmente riscontrate in gran parte dei rimboschimenti di pino realizzati nel secolo scorso in Calabria, che vedevano la messa a dimora anche di 3200 P ha<sup>-1</sup> (MAIOLO *op. cit.*), hanno in questo caso notevolmente limitato l'insacco di fenomeni concorrenziali e la differenziazione sociale e diametrica dei fusti (AVOLIO e BERNARDINI *op. cit.*).

Nel popolamento di cedro le classi diametriche presenti variano da 35 a 10 cm, con una ripartizione delle piante tendenzialmente simile a quella della pineta, ma più sbilanciata verso i diametri inferiori a 25 cm.

Nel rimboschimento di douglasia si riscontra, invece, la maggiore differenziazione sociale delle piante, con presenza di soggetti dominanti e dominati rispettivamente di 45 e 10 cm di diametro.

L'attuale prevalenza in altezza media e dominante della douglasia rispetto al pino (ed al cedro), conferma quanto già osservato da AVOLIO e CIANCIO (*op. cit.*) in soprassuoli misti realizzati con l'impiego di queste due conifere.

Il confronto dei dati riguardanti volumi ed aree basimetriche ad ettaro, all'età di 34 anni, evidenziano provvigioni più elevate e sostanzialmente simili per la douglasia e il pino. E' da sottolineare, però, come per la douglasia il loro valore sia determinato da un numero di piante inferiore (di 255 P ha<sup>-1</sup>) rispetto a quello riscontrato nella pineta.

Come accennato in premessa, una delle principali motivazioni che hanno indotto alla realizzazione dei rimboschimenti in esame riguardava l'opportunità, che si presentava, di testare su superfici più o meno ampie l'adattabilità del cedro, della douglasia e del pino ad ambienti del piano submontano calabrese caratterizzati da vegetazione forestale naturale composta esclusivamente da latifoglie.

Il tutto allo scopo di studiarne la possibilità di un ulteriore impiego, ad esempio, nella costituzione di impianti a finalità protettiva e/o produttiva, nel recupero di cedui degradati o di castagneti da frutto



Foto 6 - Rinnovazione ai margini del bosco.  
*Regeneration to the wood edges.*

abbandonati, nel ripristino di aree boschive percorse dal fuoco.

Motivazioni e scopo che hanno perso, oggi, gran parte dell'iniziale validità e interesse applicativo.

In ogni caso, la valutazione dell'adattabilità di una specie forestale a determinate condizioni stazionali è legata, oltre che alla possibilità di attecchimento e alla potenzialità produttiva, alla sua capacità di rinnovarsi naturalmente (CIANCIO *et al.* 1981-82).

Attualmente, le densità riscontrate per i popolamenti indagati non consentono, al loro interno, quelle condizioni di suolo e microclima necessarie all'insediamento ed alla sopravvivenza del novellame. Ai margini del bosco è possibile invece osservare, seppur sporadicamente, rinnovazione delle tre conifere (Foto 6).

Oggi l'esigenza primaria per questi popolamenti, così come per gran parte dei rimboschimenti di conifere realizzati in Calabria durante il secolo scorso (AVOLIO 1993), riguarda la definizione e l'applicazione di adeguati moduli colturali.

Moduli che dovranno tenere conto del basso livello di efficienza e stabilità che generalmente contraddistingue gli ecosistemi forestali semplificati (NOCENTINI 2000 e 2001), quali appunto quelli descritti, e che consentano: 1) di regolarne densità e struttura; 2) di accrescerne la stabilità fisica e biologica; 3) di avviarli verso un processo di rinaturalizzazione che veda la reinserzione autonoma, al loro interno, di latifoglie autoctone.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il personale tecnico dell'Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo di Cosenza del C.R.A. Giuseppe Iannuzzi, Giuseppe Mauro e l'operaio agricolo Enzo Calabrese per la diligenza e l'impegno dimostrati nella conduzione dei rilievi in bosco.

## Bibliografia citata

- AVOLIO S., 1993 – *La gestione dei rimboschimenti problema principe della selvicoltura calabrese*. Calabria Verde - ESAC. Cosenza, IV n.5: 53-65.
- AVOLIO S., BALDINI S., SPINELLI R., 1989 – *Prove di meccanizzazione in diradamenti di pinete artificiali di pino laricio nella Presila di Cosenza*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXVIII: 9-37.
- AVOLIO S., BERNARDINI V., 1997 – *Prove di diradamento (1° e 2° taglio) con scelta degli alberi d'avvenire per pinete artificiale di pino laricio di Calabria*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XX: 501-547.
- AVOLIO S., BERNARDINI V., 2000 – *La Parcella sperimentale n°412 di douglasia verde di Pavari nella Catena costiera calabra a settant'anni dall'impianto*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXXI: 119-136.
- AVOLIO S., CIANCIO O., 1979 – *Prove di diradamento e tavola di cubatura per pinete artificiali di pino laricio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, X: 25-78.

- AVOLIO S., CIANCIO O., 1980 – *Prove di diradamento in soprassuoli misti per pedali di pino laricio e douglasia*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XI: 133-162.
- CIANCIO O., MARTIRE F., 1971 – *Prove di applicabilità del "fattore distanziale" di Hart-Becking*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, II: 63-70.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., 1981-1982 – *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XII-XIII.
- MAIOLO G., 1998 – *La ricostituzione boschiva e la conservazione del suolo negli ultimi 50 anni in Calabria*. Atti della Giornata Preparatoria al Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Crotone, 53-81.
- MENGUZZATO G., TABACCHI G., 1986 – *Prove di diradamento su Pseudotsuga menziesii in Calabria. Ambiente, tavola di cubatura e della biomassa epigea*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVII: 255-293.
- NOCENTINI S., 2000 – *La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: Aspetti concettuali*. Lit. For. Mont., n.4: 211-218.
- NOCENTINI S., 2001 – *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. Lit. For. Mont., n.5: 344-351.
- PAVARI A., 1952 – *Il problema forestale della Sila – Direttive di azione e programma*. Cosenza. Archivio O.V.S.
- VECCHIO G., LULLI L., BERNARDINI V., MENDICINO L., TORRETTI A., 2000 – *Carta dei suoli tavoletta Lago Cecita - Sila Grande - Cosenza*. Monografia Prog. Panda - Ist. Sper. Studio e Dif. Suolo. Firenze.

# Risultati di prove di diradamento in rimboschimenti di pino laricio<sup>§</sup>

Silvano Avolio<sup>1\*</sup>, Vincenzo Bernardini<sup>1</sup>

*Accettato il 12 settembre 2008*

**Riassunto** – Si riportano, a 10 anni dal secondo taglio intercalare e prima dell'esecuzione del terzo, i risultati di prove di diradamento effettuate in Calabria in rimboschimenti di pino laricio di 45 anni, giunti ad uno stadio evolutivo intermedio tra la perticaia e la fustaia. Prove riferite ad un sistema di diradamento di grado diverso (debole-moderato-forte), con rilascio nel soprassuolo di un numero variabile (800-600-400) di piante prescelte (alberi d'avvenire). Nei popolamenti indagati, il secondo diradamento ha inciso positivamente, in misura crescente con l'intensità di taglio, nel ridurre la mortalità delle piante, nell'aumentarne il diametro medio, nel ridistribuirle nelle classi diametriche più alte, nell'accrescerne la stabilità fisica, nell'incrementare i tassi di accrescimento di area basimetrica e di volume, nell'avviare la rinaturalizzazione con latifoglie autoctone a seme pesante (castagno, faggio, cerro). Nelle aree diradate, dopo il terzo taglio, le piante rilasciate si identificano con quelle prescelte, caratterizzate da fusti di grosse dimensioni e di superiore valore commerciale.

**Parole chiave:** *Rimboschimenti di pino laricio, Presila cosentina, diradamenti, moduli colturali.*

**Abstract** – *Results of thinning trials for artificial stands of calabrian pine.* The results of thinning trials carried out in plantations (aged 45) of *Pinus nigra laricio Calabrica*, at an intermediate stand development between the adolescent and the high forest, are here reported 10 years later the second thinning and after the third one. Within system of selective thinnings related to the differed number (800, 600 and 400) and to social position of selected trees in the main crops, the following theses are being compared: light thinning, intermediate thinning, heavy thinning and control. The second thinning effected positively the standing crop as compared with control plot: reducing mortality; increasing the annual diameter increments; differentiating the trees distribution for higher diameter classes; favouring the physical stability, the increments of basal area and stem volume, the renaturalization with autochthonous heavy seed broadleaves (chestnut, beech, turkey oak). Following the third thinning trees, the selected trees belong to the large-sized and high commercial value categories.

**Key words:** *Calabrian pine plantations, Presila of Cosenza, thinnings, system.*

*F.D.C.: 242 : 232 : 174.7 Pinus nigra sp. laricio*

## Introduzione

Negli anni Sessanta del secolo scorso il pino laricio (*Pinus laricio* Poiret) è stata la specie più largamente impiegata nei rimboschimenti realizzati in Calabria.

I motivi della sua diffusione artificiale, vanno ricercati nella rusticità, frugalità e facilità di attecchimento su terreni sciolti di origine granitica, nell'accrescimento iniziale che assicura una rapida copertura del suolo e nella capacità di sopportare periodi anche lunghi di siccità estiva.

L'estensione complessiva dei rimboschimenti affermati, anche su ex terreni coltivati, è di circa 35.000 ettari (REGIONE CALABRIA 2007), distribuiti in prevalenza nel gruppo montuoso della Sila, sull'altopiano delle Serre e sul massiccio dell'Aspromonte.

L'impianto è avvenuto per piantagione su suoli lavorati a mano, per lo più a gradoni larghi 80-100 cm e tracciati secondo le curve di livello. Sui gradoni, di-

stanziati fra loro di 3-4 m, sono state poste le piantine alla distanza di circa 1 m per una densità teorica di 2500-3200 piante ad ettaro, ottenute da seme raccolto nei popolamenti naturali calabresi di pino laricio.

Nella Presila tirrenica cosentina l'accrescimento è risultato rapido sin dall'inizio e già a 15-20 anni sono state rilevate masse legnose di 180-200 m<sup>3</sup> ad ettaro (AVOLIO e CIANCIO 1979). Anche i risultati conseguiti dopo 30-45 anni sono da considerarsi eccellenti sia sotto l'aspetto protettivo e paesaggistico (AVOLIO 1991; MAIOLO 1998) che per la produzione di legname da lavoro (AVOLIO e BERNARDINI 1997) e di biomassa lignocellulosica (AVOLIO *et al.* 2006).

Molti rimboschimenti di età compresa tra i 45 e i 50 anni si ritrovano, per caratteristiche dimensionali, organizzazione spaziale e condizioni di accrescimento (PIUSSI 1995), in uno stadio evolutivo intermedio tra la perticaia e la fustaia. Inoltre, non essendo stati ancora diradati, risultano eccessivamente densi, con persi-

<sup>§</sup> Lavoro svolto in parti uguali dagli autori.

<sup>1</sup> CRA - Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo. Tel +39.0984.32989 Fax +39.0984.32989

\* Autore corrispondente [silvano.avolio@entecra.it](mailto:silvano.avolio@entecra.it).

stenza di palchi secchi fino a circa i 2/3 dell'altezza delle piante, presenza di considerevoli provvigioni legnose, assenza di rinnovazione naturale.

Si pone pertanto, già da decenni, su gran parte di tali soprassuoli, la necessità di eseguire appropriati tagli intercalari (AVOLIO *et al.* 1991), che consentano da un lato di selezionare e rilasciare in bosco le piante migliori - resistenti alle avversità e adatte a produrre legno e seme di qualità - e dall'altro di prelevare notevoli masse legnose, razionalizzando le varie operazioni con mezzi meccanici leggeri (BALDINI e SPINELLI 1993).

Sulla base di ciò nel 1987 sono state effettuate dall'ex Sezione di Cosenza dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, oggi Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo (CRA-SAM), prove di diradamento in impianti di 27 anni, mai sottoposti a tagli intercalari.

L'attività di ricerca ha già visto nel 1997 la pubblicazione, a firma di AVOLIO e BERNARDINI, del contributo "Prove di diradamento (1° e 2° taglio) con scelta degli alberi d'avvenire per pinete artificiali di pino laricio di Calabria", al quale gli Autori rimandano per gli approfondimenti sull'ambiente e sulla costituzione dei soprassuoli.

Nel presente lavoro vengono esposti ed analizzati, sulla base delle considerazioni fatte dopo otto anni dall'esecuzione del primo intervento e 10 anni dal secondo, i risultati dell'evoluzione naturale e dei diradamenti (di grado debole, moderato e forte) sui popolamenti testati e sulle piante prescelte (alberi d'avvenire). Con riguardo, in particolare, alla densità e mortalità, ai parametri dendrometrici e auxometrici, alla ripartizione della provvigione legnosa, alla quantificazione della produzione complessiva, ai caratteri di fusto e chioma, ai processi di rinaturalizzazione in atto.

## Sperimentazione - Materiali e metodi

La ricerca è stata avviata nel 1986 in rimboschimenti di pino laricio, edificati nella Presila cosentina in località Varco S. Mauro, su terreni di proprietà del Comune di Rose, con l'individuazione di soprassuoli di 26 anni non ancora diradati.

Gli obiettivi riguardavano:

- l'ampliamento delle conoscenze sulla definizione, per tipo e grado, dei tagli intercalari da applicare in pinete artificiali giunte allo stadio di perticaia;
- la necessità di indirizzare questi ecosistemi fo-

restali semplificati verso processi evolutivi che consentissero di aumentarne il livello di efficienza e stabilità:

- la creazione, in futuro, di condizioni stazionali e di soprassuolo favorevoli all'insediamento ed all'affermazione della rinnovazione naturale.

Il piano sperimentale comprende tre blocchi randomizzati ( $B_1, B_2, B_3$ ), ciascuno costituito da quattro aree sottoposte a diverso trattamento o tesi: il testimone o controllo T, lasciato all'evoluzione naturale, i diradamenti debole A, moderato B, forte C, da sottoporre a 3 tagli intercalari, con periodicità 8 anni tra il primo (1987) e il secondo (1995) e 10 anni tra il secondo e il terzo (2005).

Le aree hanno dimensione 30x30 m (900 m<sup>2</sup>) e sono divise tra loro da fasce di isolamento di 10 m, per una superficie complessiva del blocco pari a 6400 m<sup>2</sup>.

L'intensità di taglio prestabilita è tale da rilasciare, a 45 anni dopo il terzo taglio, 800 piante a ettaro in A, 600 in B, 400 in C, scelte tra i migliori fenotipi.

La loro individuazione è stata operata nel 1987 e, per le necessarie comparazioni, estesa anche alle aree controllo, con la segnatura di altrettante piante a ettaro, rispettivamente in T(A), T(B) e T(C).

I parametri di valutazione, misurati o stimati, sono stati: dimensioni (diametro, altezza), qualità (portamento, stabilità) e stato vegetativo delle piante; caratteri del fusto (lunghezza, drittezza, cilindricità, assenza di biforcazione, presenza di monconi e rami secchi in alto); aspetti della chioma (altezza d'inserzione, profondità, ampiezza, conformazione); posizione sociale; distribuzione spaziale orizzontale. Il tutto in relazione alla densità definitiva prevista nell'area.

Nel 1998, 2001 e, in particolare, nel 2005, dopo 10 anni dal secondo diradamento e prima dell'esecuzione del terzo, in ogni area si è provveduto a: 1) rinnovare i confini, i margini esterni e la numerazione delle piante; 2) cavallettare quelle vive e secche, rilevare il 50% circa delle altezze; 3) confermare o sostituire le piante prescelte nel 1987 e 1995; 4) segnare quelle da abbattere col terzo diradamento; 5) effettuare, su tutta la superficie delle parcelle, il rilievo della rinnovazione naturale presente attraverso il conteggio degli individui, la distribuzione per specie, la misurazione delle dimensioni, l'accertamento dell'età.

Inoltre all'interno delle 4 aree del primo blocco, medio rappresentativo dei tre, su un campione di 30/272 piante prescelte di diametro medio, sono stati condotte misurazioni al fine di valutare sulle chiome:

l'altezza di inserzione, la profondità, il percento di fusto coperto, l'ampiezza, la proiezione a terra, il volume e il numero di palchi.

Infine i valori riscontrati nelle 12 aree dei 3 blocchi relativi a percentuali di mortalità, incrementi di diametro e altezza, fattore distanziale S% e tassi di accrescimento di area basimetrica e volume, sono stati sottoposti ad analisi della varianza.

## I tagli intercalari

I tagli hanno interessato, in A, B e C, rispettivamente N-800, N-600 e N-400 piante (dove N = numero totale di piante ad ettaro). In particolare il 50% di queste col primo intervento, il 30% col secondo, il 20% col terzo.

Dal confronto tra i dati complessivi (Tabella 1), relativi alle piante abbattute, emergono le seguenti relazioni fra i diversi gradi di intervento:

- il numero medio di piante a ettaro asportato è 1340; il rapporto tra le tesi A, B e C è 1.0 : 1.2 : 1.4.
- il diametro medio è 22.2 cm; nelle piante della tesi C misura 23.9 cm e supera di 1.3 e 3.8 cm il valore registrato in B e A.
- l'altezza media è 18.27 m; la variazione è compresa tra i 19.07 m di C e i 17.68 m di A.
- l'area basimetrica media a ettaro è 47.82 m<sup>2</sup>; il rapporto dei valori tra A, B e C è 1.0 : 1.5 : 1.9.
- la massa legnosa media a ettaro è 405.933 m<sup>3</sup>; il rapporto dei valori tra A, B e C è 1.0 : 1.4 : 1.9.
- l'albero di volume medio cuba 0.303 m<sup>3</sup>; in C è 0.351 m<sup>3</sup> e supera del 40.4% il valore che risulta in A (0.250 m<sup>3</sup>).
- per le categorie commerciali, i fusti medi (in per-

cento dei volumi asportati) prevalgono in A (42.4%) e B (31.4%); i fusti grossi in C (72.7%) e B (66.4%) dove, col terzo taglio, hanno costituito la totalità.

Gli effetti immediati dei tagli sono stati, proporzionalmente al grado adottato, la riduzione della densità del soprassuolo, l'aumento della distanza media tra le piante rilasciate, l'aumento della luminosità nel piano inferiore.

In particolare con l'ultimo diradamento le classi arboree appartengono in prevalenza al piano medio e inferiore nell'intervento A, al piano medio in B, al piano medio e alto in C.

Nella tesi A il taglio ha riguardato le classi 19-22-25-28-31-34 cm, rispettivamente per il 100-75.5-36.2-27.5-2.7-3.9% delle piante. L'albero di volume medio cuba 0.494 m<sup>3</sup>.

Nella B le classi 25-28-31-34-37-40 cm, rispettivamente per il 24.1-51.9-16.7-7.9-1.2-4.2% delle piante. Il volume dell'albero medio è 0.584 m<sup>3</sup>.

Nella C le classi 25-28-31-34-37 cm, rispettivamente per il 100-80.5-60.6-22.8-14.6% delle piante. Il volume dell'albero medio è 0.709 m<sup>3</sup>.

## Risultati conseguiti

Si riportano gli effetti sul soprassuolo del secondo diradamento per il periodo dal 1995 (Tabella 2) al 2005 (Tabella 3) e si confrontano con quelli del primo, evidenziati nel precedente contributo.

### Mortalità, densità, distanza media

Negli ultimi dieci anni la mortalità media nella tesi T è di 388 (21.7%) piante a ettaro, in A di 23 (2.2%), in B di 33 (3.7%), in C di 20 (2.8%). La percentuale di morta-

**Tabella 1** - Caratteristiche dei diradamenti.  
*Characters of thinnings.*

Intervento				Piante abbattute					Ripartizione delle piante			Ripartizione del volume		
Numero	Anno	Età	Grado	n ha <sup>-1</sup>	G ha <sup>-1</sup>	V ha <sup>-1</sup>	dg	hg	Fusti piccoli (%)	Fusti medi (%)	Fusti grossi (%)	Fusti piccoli (%)	Fusti medi (%)	Fusti grossi (%)
	(anni)				(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(cm)	(m)						
1°	1987	27	A	493	7,05	51,032	13,5	13,12	28,6	69,2	2,2	13,8	79,3	6,9
			B	652	12,32	90,434	15,6	13,59	17,2	77,4	5,4	6,6	80,2	13,2
			C	713	14,88	109,775	16,2	14,79	12,3	76,2	11,5	4,2	73,2	22,6
2°	1995	35	A	404	13,21	115,711	20,4	17,86		50,5	49,5		40,7	59,3
			B	423	16,19	144,067	22,1	17,97		21,0	79,0		14,1	85,9
			C	520	23,61	212,956	24,0	19,56		7,3	92,7		4,5	95,5
3°	2005	45	A	235	12,74	116,106	26,3	22,06		14,0	86,0		7,3	92,7
			B	273	19,28	159,323	30,0	22,63			100			100
			C	308	24,17	218,394	31,6	22,86			100			100

**Tabella 2** - Anno 1995. Età 35 anni: elementi dendrometrici dopo il secondo diradamento.  
1995 after second thinning. Age 35: summary of data.

Blocco	Tesi	Piante(n/ha <sup>-1</sup> )			di <sub>m</sub> (m)	h dom (m)	di <sub>m</sub> /h dom (%)	dg(cm)			hg(m)			hg/dg			Gha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )			Vha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )		
		presc.	rest	totali				presc.	rest	totali	presc.	rest	totali	presc.	rest	totali	presc.	rest	totali	presc.	rest	totali
I	T		1460	1460	2,81	20,10	14,0		25,4	25,4		18,12	18,12		71	71		74,26	74,26		674,979	674,979
	A	803	198	1001	3,39	21,42	15,8	28,5	24,0	27,7	20,30	19,53	20,13	71	81	73	51,24	8,94	60,18	472,828	79,758	552,586
	B	605	222	827	3,74	20,15	18,6	30,3	25,8	29,2	19,78	19,18	19,63	65	74	67	43,65	11,61	55,26	404,455	105,749	510,204
	C	394	270	664	4,17	19,85	20,0	31,2	27,7	29,9	19,95	19,68	19,86	64	71	66	30,17	16,28	46,45	280,374	149,488	429,862
II	T		1504	1504	2,77	18,78	14,7		24,3	24,3		17,55	17,55		72	72		69,78	69,78		634,242	634,242
	A	794	254	1048	3,32	18,68	17,8	26,6	22,9	25,7	17,85	17,30	17,73	67	76	69	44,06	10,48	54,54	402,682	93,888	496,570
	B	600	248	848	3,69	18,85	19,6	27,0	25,2	26,5	18,12	17,72	18,03	67	70	68	34,31	12,36	46,67	314,101	112,162	426,263
	C	395	325	720	4,00	18,40	21,7	30,1	26,8	28,7	18,40	18,22	18,30	61	68	64	28,19	18,36	46,55	261,066	167,934	429,000
III	T		2409	2409	2,19	22,60	9,7		23,8	23,8		21,38	21,38		90	90		107,55	107,55		968,322	968,322
	A	797	253	1050	3,32	18,70	17,8	28,4	24,6	27,5	18,58	18,20	18,50	65	74	67	50,39	12,02	62,41	463,850	108,763	572,613
	B	600	350	950	3,49	21,32	16,4	31,3	25,9	29,4	20,40	19,37	20,02	65	75	68	46,10	18,51	64,61	428,375	168,612	596,987
	C	400	328	728	3,98	23,70	16,8	32,7	29,2	31,1	23,45	22,95	23,27	72	79	75	33,64	22,02	55,66	313,819	203,346	517,165

**Tabella 3** - Anno 2005. Età 45 anni: elementi dendroauxometrici a 10 anni dal secondo diradamento.  
2005. Age 45: summary of data 10 years after second thinning.

Blocco	Tesi	Piante(n/ha <sup>-1</sup> )			di <sub>m</sub> (m)	dg (cm)	hg (m)	hg/dg	d dom (cm)	h dom (m)	di <sub>m</sub> /h dom (%)	Gha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	Vha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	ImV (m <sup>3</sup> )	IcV (m <sup>3</sup> )	IpV (%)
		secche	vive	totali												
I	T	180	1280	1460	2,81	27,5	22,25	81	39,3	23,83	11,8	86,87	796,388	17,698	12,141	1,8
	A		198	1001	3,39	30,5	22,70	74	39,6	23,86	14,2	73,14	677,618	15,058	12,503	2,3
	B		222	827	3,74	32,0	22,92	72	38,2	23,70	15,8	66,62	619,786	13,773	10,958	2,2
	C	23	247	664	4,17	32,9	23,04	70	39,4	23,84	17,5	56,54	527,256	11,717	9,739	2,3
II	T	215	1289	1504	2,77	26,3	22,03	84	36,4	23,49	11,8	81,47	742,672	16,504	10,843	1,7
	A	69	185	1048	3,32	28,1	22,34	80	36,7	23,52	14,1	65,03	597,479	13,277	10,091	2,0
	B		248	848	3,69	29,2	22,50	77	35,3	23,37	15,8	56,92	528,394	11,742	10,213	2,4
	C	12	313	720	4,00	31,9	22,91	72	38,0	23,68	16,9	57,64	536,199	11,916	10,720	2,5
III	T	770	1639	2409	2,19	25,6	23,59	92	36,8	24,04	9,1	123,79	1128,318	25,074	16,000	1,6
	A		253	1050	3,32	30,7	22,72	74	38,5	23,73	14,0	77,49	718,242	15,961	14,563	2,5
	B	100	250	950	4,49	33,8	23,15	68	41,0	24,01	18,7	85,33	737,323	16,385	14,034	2,4
	C	24	304	728	3,98	35,4	25,35	72	43,1	26,04	15,3	71,77	654,101	14,536	13,694	2,6

lità, rispetto a quella registrata negli 8 anni intercorsi tra il primo e il secondo diradamento, è aumentata in T di 16.2 punti, in A di 1.4, in B di 2.5, in C di 1.2. All'analisi statistica risultano differenze significative tra la tesi T e le altre, prese singolarmente.

Poiché nelle aree sperimentali le piante secche riscontrate sono ancora tutte in piedi, sia la densità che la distanza media risultano invariati. In T (Foto 1 – tesi T) il numero di piante a ettaro è, mediamente, 1791 per una distanza di 2.59 m, in A (Foto 1 - tesi A) 1033 per 3.34 m, in B (Foto 1- tesi B) 875 per 3.64 m, in C (Foto 1 – tesi C) 704 per 4.05 m.

Il secondo diradamento, confermando quanto già

accertato alla fine del primo, ha concorso nel ridurre la mortalità nel soprassuolo rilasciato.

#### **Diametro medio, altezza media, rapporto ipsodiametrico**

L'albero di diametro medio misura in T 26.5 cm, in A 29.8 cm, in B 31.7 cm, in C 33.4 cm, con un incremento periodico di 2.0 cm per T, 2.8 cm per A, 3.3 cm per B, 3.5 cm per C.

L'altezza media in T è 22.75 m, in A 22.41 m, in B 22.86 m, in C 23.77 m, con un incremento periodico di 3.73 m per T, 3.62 m per A, 3.63 m per B, 3.30 m per C.



Per gli incrementi di diametro si riscontrano differenze significative tra le varie tesi, quelli di altezza non risultano invece correlabili col grado di diradamento adottato.

Il rapporto ipsodiametrico ( $hg/dg \times 100$ ), determinante per la stabilità dei popolamenti (La Marca, 1993), è in media 86 in T, 75 in A, 72 in B, 71 in C, con un incremento periodico di 8 punti per T, 5 per A, 4 per B, 3 per C.

A differenza di quanto si verifica nel testimone, il diradamento ha consentito di mantenere il valore del rapporto al di sotto della soglia critica 80, adottata per i rimboschimenti di pino nero in Umbria da Cantiani *et al.* (2005), in maniera decrescente dalla tesi A alla C.

### ***Diametro dominante, altezza dominante, fattore distanziale***

L'albero di diametro dominante misura, mediamente, 37.5 cm in T, 38.3 cm in A, 38.2 cm in B, 40.2 cm in C, per un incremento periodico di 2.8 cm per T, 4.5 cm per A, 4.4 cm per B, 5.5 cm per C.

L'altezza dominante è in media 23.79 in T, 23.70 m in A, 23.69 m in B, 24.52 m in C; l'incremento medio periodico oscilla dai 3.30 m di T ai 4.10 m di A.

Il fattore distanziale ( $S\% = d_m/h_d \times 100$ ) è risultato in media 10.9 in T, 14.1 in A, 15.4 in B, 16.5 nella C, per un decremento periodico di 1.9 punti per T, 3.0 per A, 2.8 per B, 3.0 per C. Per le aree non diradate il valore dell'S% nel trentennio trascorso è diminuito di



Tesi T



Tesi A



Tesi B



Tesi C

**Foto 1 -** Rimboschimenti di pino laricio a 45 anni. Aspetti del soprassuolo rispettivamente nel controllo T e nei diradamenti di grado A, B e C.  
*T control and A, B, C thesis before third thinning.*

10,1 punti, passando da 21,0 all'età di 16 anni (AVOLIO-CIANCIO *op. cit.*) a 15,4 a 29 anni (AVOLIO-BERNARDINI *op. cit.*) e all'attuale valore a 45 anni con una diminuzione di circa un punto ogni triennio.

I dati esposti consentono di dedurre che il secondo taglio intercalare, nei diversi gradi applicati, ha influenzato positivamente sia l'incremento periodico di diametro dominante che il valore dell'S%. Non ha avuto invece effetti statisticamente significativi per l'altezza dominante.

**Distribuzione delle piante in classi di diametro**

A 10 anni dall'intervento l'ampiezza delle classi di diametro, a modulo 3 cm, è 7-43 cm in T (Figura 1), 19-43 cm in A (Figura 2), 25-43 cm in B (Figura 3), 25-46 cm in C (Figura 4). La classe maggiormente rappresentata è la 25 cm (con il 16.0% delle osservazioni) in T, la 28 cm (30.6%) in A, la 28 cm (33.3%) in B, la 31 cm (35.7%) in C. L'esame comparativo, tra le diverse tesi, evidenzia che il secondo diradamento ha favorito, in modo proporzionale al grado adottato, una maggiore distribuzione delle piante nelle classi diametriche più alte.

**Area basimetrica, volume e produzione**

Dopo 10 anni l'area basimetrica a ettaro è 97.38 m<sup>2</sup> in T, 71.89 m<sup>2</sup> in A, 69.62 m<sup>2</sup> in B, 61.98 m<sup>2</sup> in C, con un incremento periodico di 13.52 m<sup>2</sup> per T, 12.85 m<sup>2</sup> per A, 14.11 m<sup>2</sup> per B, 12.43 m<sup>2</sup> per C; il tasso di accrescimento è 1.6% per T, 2.2% per A, 2.5% per B e C.

Il volume è 889.126 m<sup>3</sup> in T, 664.446 m<sup>3</sup> in A, 628.501 m<sup>3</sup> in B, 572.519 m<sup>3</sup> in C; gli incrementi periodico e medio di volume sono rispettivamente 129.945 m<sup>3</sup> e 19.758 m<sup>3</sup> per T, di 123.857 m<sup>3</sup> e 14.765 m<sup>3</sup> per A, di 117.350 m<sup>3</sup> e 13.967 m<sup>3</sup> per B, di 113.843 m<sup>3</sup> e 12.723 m<sup>3</sup> per C; il tasso di accrescimento è 1.7% in T, 2.3% in A e B, 2.5% in C; la pianta di volume medio cuba 0.496 m<sup>3</sup> in T, 0.643 m<sup>3</sup> in A, 0.718 m<sup>3</sup> in B, 0.813 m<sup>3</sup> in C.

La produzione a 45 anni è 889.126 m<sup>3</sup> in T, 831.189 m<sup>3</sup> in A, 863.002 m<sup>3</sup> in B, 895.525 m<sup>3</sup> in C, con incremento medio di massa di 19.758 m<sup>3</sup>, 18.471 m<sup>3</sup>, 19.178 m<sup>3</sup> e 19.901 m<sup>3</sup>.

All'analisi statistica risultano differenze significative, fra la tesi T e le altre, riguardo i i tassi di accrescimento di area basimetrica e volume. Il valore dell'incremento medio di volume è, in tutte le tesi, inferiore a quello dell'incremento corrente, in particolare del 34.2% per T, del 16.1% per A, del 16.0% per B, del 10.5% per C; i popolamenti testati hanno completato,

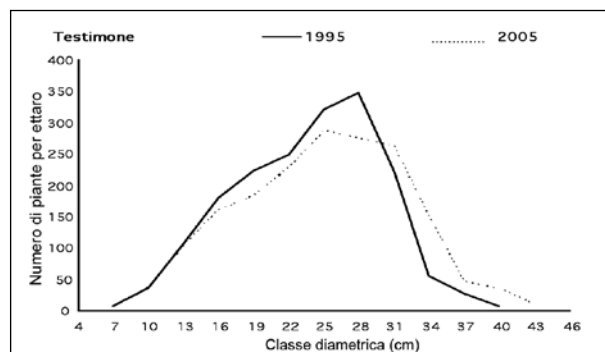


Figura 1 - Tesi T. Distribuzione delle piante in funzione del diametro. T control. Frequency distribution of tree size.

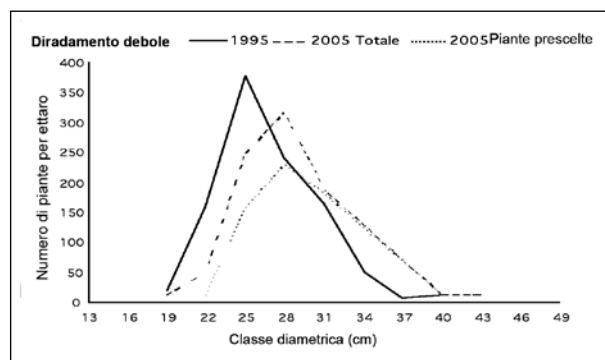


Figura 2 - Tesi A. Distribuzione delle piante in funzione del diametro. Moderate thinning removal A. Frequency distribution of tree size.

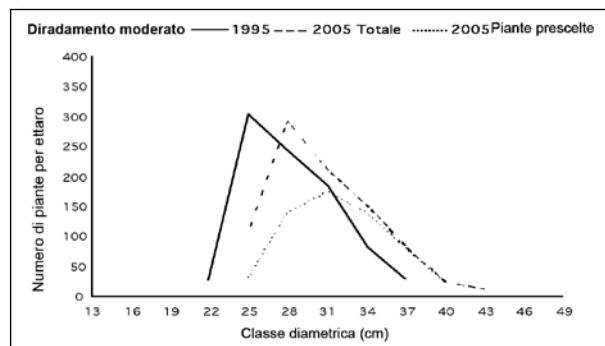


Figura 3 - Tesi B. Distribuzione delle piante in funzione del diametro. Intermediate thinning removal B. Frequency distribution of tree size.

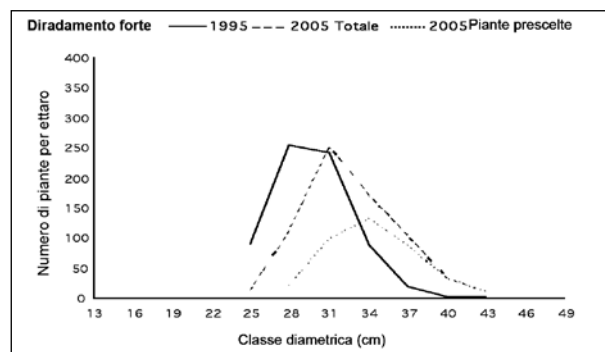


Figura 4 - Tesi C. Distribuzione delle piante in funzione del diametro. Heavy thinning removal C. Frequency distribution of tree size.

quindi, la fase di forte crescita. La produzione nelle varie tesi può considerarsi pressoché uguale, poiché rispetto a T la variazione rilevata è compresa tra il -6.5% di A e il +0.7% di C.

### **Ripartizione della provvigione legnosa in classi commerciali**

Per la ripartizione delle piante nelle categorie commerciali, sono stati considerati: fusti piccoli quelli con diametro inferiore a 12 cm, fusti medi quelle con diametro compreso tra 12 e 20 cm, fusti grossi quelle con diametri superiori a 20 cm.

Le piante con fusti piccoli sono presenti solo in T e rappresentano il 2.6%, (0.1% del volume); quelle con fusti medi in T ed A, con percentuali rispettivamente del 25.1% (10.1% del volume) e dell'1.2% (0.5% del volume); quelle con fusti grossi in tutte le tesi, sebbene con percentuali diverse: 72.4% (89.8% del volume) in T; 98.8% (99.5% del volume) in A; 100% in B e C.

I due tagli intercalari hanno determinato, nelle aree diradate e all'età di 45 anni, l'assenza di fusti piccoli, la residuale presenza di fusti medi in A, totalità di fusti grossi in B e C.

### **Rinnovazione naturale**

Nel 2005, il rilevamento operato nelle aree sperimentali sulla rinnovazione naturale ha evidenziato in tutte le tesi la presenza di castagno, faggio, cerro, pino laricio, acero montano, ciliegio e noce.

Le specie che riescono a superare i primi 3 anni di vita sono soltanto il castagno, il faggio ed il cerro. In particolare:

- Il castagno, con 909 piante a ettaro, di cui 451 (49,6%) in C, 380 (41,8%) in B, 52 (5,7%) in A, 26 (2,9%) in T. Le classi d'età rappresentate sono la 4-6 anni (riscontrata in tutte le tesi) e la 7-9 anni (in C e B). L'altezza media delle piante varia dai 23 cm di T ai 105 cm di B.
- Il faggio con 159 piante di cui 63 (39,6%) in C, 37 (23,3%) in B, 30 (18,9%) in T, 29 (18,2%) in A. Le classi d'età, presenti in tutte le tesi, sono la 4-6 anni, la 7-9 anni e la 10-12 anni. L'altezza media è compresa tra i 45 cm di T, A e B e i 190 cm di C.
- Il cerro con 130 piante, di cui 52 (40,0%) in C, 37 (28,4%) in T, 30 (23,1%) in B, 11 (8,5%) in A. Le classi d'età sono la 4-6 anni (in tutte le tesi) e la 7-9 anni (in C e B). L'altezza media oscilla dai 18 cm di T ai 70 cm di B.

Le piante affermate sono quindi, complessivamente,

te, 1198: 566 (47,2%) in C, 447 (37,3%) in B, 93 (7,8%) in T, 92 (7,7%) in A. La maggior presenza, nelle aree diradate, di piante di castagno, faggio e cerro è correlabile alle intensità C e B di taglio.

Dai dati esposti si deduce che i due diradamenti - il secondo in particolare, i cui effetti, soprattutto su densità e grado di copertura, si sono sommati a quelli del primo - hanno modificato, nei soprassuoli, le condizioni di luminosità a livello degli strati inferiori (NOCENTINI, 2001; D'ALESSANDRO *et al*, 2005) e reso possibile, nell'ultimo decennio, l'avvio della rinaturalizzazione della pineta con latifoglie a seme pesante, il cui trasporto è dovuto alla fauna selvatica. La rinnovazione affermata si è insediata in modo quasi uniforme nei piccoli vuoti determinati dagli interventi. Le piante, benché aduggiate, presentano stato vegetativo da discreto a buono.

Gli effetti richiamati permettono anche ai semi di pino laricio di germinare in abbondanza e diffusamente tutti gli anni, ma non sono sufficienti a tenere in vita i semenzali oltre il secondo anno e a soddisfare, quindi, le esigenze temperamentali della specie.

Stessa sorte capita alle plantule di acero montano, ciliegio e noce che, a differenza del pino laricio, si rinvergono nelle aree solo sporadicamente.

### **Piante prescelte**

Nel 2005 (Tabella 4) mentre per le piante prescelte (798, 598, 401) delle aree controllo T(A), T(B) e T(C) non si riscontra mortalità, per quelle ricadenti nelle aree da sottoporre al terzo taglio intercalare è stato necessario sostituirci alcune - perché secche in piedi - con altre (fra le migliori) inizialmente destinate all'abbattimento: 19 a ettaro (pari al 2,4% del totale) nella tesi A, 19 (3,2%) nella B, 7 (1,8%) nella C. Mantenendo invariato il loro numero e la distanza media: 798 e 3,80 m per A, 602 e 4,38 m per B, 396 e 5,40 m per C, come da protocollo sperimentale originario.

I valori dimensionali di diametro medio e di altezza media, per le tesi A, B e C risultano rispettivamente pari a 30,7 cm e 22,76 m, a 32,6 cm e 22,98 m, a 34,8 cm e 24,12 m; il rapporto ipsodiametrico a 74, 70 e 69.

Le provvigioni a ettaro, in area basimetrica e volume, sono 59,15 m<sup>2</sup> e 548,340 m<sup>3</sup> in A, 50,35 m<sup>2</sup> e 469,178 m<sup>3</sup> in B, 37,81 m<sup>2</sup> e 354,124 m<sup>3</sup> in C. Ciascuna pianta cuba, quindi, linearmente 0,687 m<sup>3</sup> in A, di 0,779 m<sup>3</sup> in B e 0,894 m<sup>3</sup> in C, aumentando tale valore quasi linearmente di un punto decimale.

Per le piante prescelte in A e T(A), in B e T(B), in

**Tabella 4** - Elementi dendrometrici degli alberi prescelti dopo i diradamenti.  
*Final crop trees: summary of data after thinnings.*

Tesi	Anno	n ha <sup>-1</sup>	di <sub>m</sub>	dg	hg	hg/dg	G ha <sup>-1</sup>	V ha <sup>-1</sup>	In % del soprassuolo		
			(m)	(cm)	(m)		(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	n	G	V
A	1987	798	3,80	24,5	15,11	62	37,67	288,572	55,5	66,2	66,6
	1995	798	3,80	27,8	18,91	68	48,56	446,453	77,3	82,2	82,6
	2005	798	3,80	30,7	22,76	74	59,15	548,340	100	100	100
T(A)	1987	798	3,80	25,6	15,66	61	41,22	316,476	40,7	58,4	59,1
	1995	798	3,80	28,9	19,71	68	52,29	478,682	44,6	62,4	63,0
	2005	798	3,80	31,5	22,85	73	62,54	581,225	56,9	70,2	70,8
B	1987	602	4,38	26,0	15,26	59	32,02	246,549	46,4	57,2	57,7
	1995	602	4,38	29,5	19,43	66	41,35	382,310	68,8	74,5	74,8
	2005	602	4,38	32,6	22,98	70	50,35	469,178	100	100	100
T(B)	1987	598	4,39	26,2	15,72	60	32,26	247,160	30,5	45,7	46,1
	1995	598	4,39	29,5	19,89	67	41,07	375,447	33,4	49,0	49,5
	2005	598	4,39	32,4	22,97	71	49,18	458,047	42,6	55,2	55,8
C	1987	396	5,40	27,5	16,38	60	23,65	182,983	32,4	41,2	41,6
	1995	396	5,40	31,3	20,60	66	30,67	285,086	56,2	61,9	62,2
	2005	396	5,40	34,8	24,12	69	37,81	354,124	100	100	100
T(C)	1987	401	5,37	27,1	15,87	59	23,16	178,870	20,4	32,8	33,4
	1995	401	5,37	30,6	19,95	65	29,56	269,998	22,4	35,2	35,6
	2005	401	5,37	33,6	23,13	69	35,49	331,812	28,6	39,8	40,4

C e T(C) è risultato, rispettivamente, un incremento periodico:

- di diametro medio pari a 2.9 e 2.6 cm, a 3.1 e 2.9 cm, a 3.5 e 3.0 cm;
- di altezza media pari a 3.85 e 3.14 m, a 3.55 e 3.08 m, a 3.52 e 3.18 m;
- del rapporto ipsodiametrico di 6.2 e 4.3 punti, di 4.9 e 3.5 punti, di 3.7 e 3.6 punti;
- di area basimetrica a ettaro pari a 10.59 e 10.25 m<sup>2</sup>, a 9.00 e 8.11 m<sup>2</sup>, a 7.14 e 5.93 m<sup>2</sup>, per un tasso di accrescimento del 2.0% per T(A), T(B) e T(C), 2.2% per A e B, 2.3% per C;
- di volume a ettaro pari a 101.887 e 102.543 m<sup>3</sup>, a 86.868 e 82.600 m<sup>3</sup>, a 69.038 e 61.814 m<sup>3</sup>, per un tasso di accrescimento del 2.1, 2.2 e 2.3% per T(A), T(B) e T(C), 2.3% per A e B, 2.4% per C;
- di volume dell'albero di volume medio pari a 0.128 e 0.128 m<sup>3</sup>, a 0.144 e 0.138 m<sup>3</sup>, a 0.174 e 0.154 m<sup>3</sup>.

Tutte le piante prescelte appartengono alla categoria dei fusti grossi. In A, B e C costituiscono il 100% del soprassuolo; in T(A)-T(B)-T(C), rispettivamente, il 56.9-70.2-70.8%, del numero di piante, il 42.6-55.2-55.8% dell'area basimetrica e il 28.6-39.8-40.4% del volume.

Per i caratteri della chioma, le misurazioni condotte sul campione di piante prescelte di diametro medio, consentono le seguenti valutazioni.

In A, B e C le chiome presentano valori variabili riguardo l'altezza di inserzione (16.60-15.70-15.73 m), la profondità (6.60-7.43-7.20 m), il percento di fusto coperto (0.28-0.32-0.31), l'ampiezza (1.58-1.61-1.79 m), la proiezione a terra (7.84-8.14-10.07 m<sup>2</sup>), il volume (62.2-60.2-72.5 m<sup>3</sup>), il numero di palchi (16-21-19).

I rami secchi sono inseriti da terra, rispettivamente, a 12.33-11.40-12.17 m, per una profondità di 4.27-4.33-3.56 m, corrispondente ad un percento di fusto coperto di 0.18-0.19-0.16. Al di sotto sono presenti i monconi, per lo più corti e quasi di pari lunghezza, che si rinvengono sugli alberi fino a circa 2 m da terra (fino ai primi residui dei rami rimasti dalla spalcatura secca eseguita nel 1987 in tutte le aree per consentire i rilievi dendrometrici sulle piante).

Per le piante esaminate in T(A), T(B) e T(C), il diametro e l'altezza variano da 30.8 a 33.2 cm e da 23.70 a 24.20 m; il rapporto ipsodiametrico risulta sempre pari a 73.

Analogamente a quanto riscontrato nelle aree

diradate, le chiome hanno valori variabili nell'altezza di inserzione (17.20-16.33-16.98 m), nella profondità (6.37-7.57-7.22 m), nel percento di fusto coperto (0.27-0.32-0.30), nell'ampiezza (1.19-1.49-1.62 m), nella proiezione a terra (4.45-6.97-8.24 m<sup>2</sup>), nel volume (28.4-52.8-59.5 m<sup>3</sup>), nel numero di palchi (14-14-18).

I rami secchi sono presenti da terra, rispettivamente, a 12.53-12.33-14.47 m, per una profondità di 4.67-4.00-2.52 m, corrispondente a 0.20-0.17-0.10 in percento di fusto coperto. I monconi, anch'essi corti e di pari lunghezza, hanno una profondità di 10.53-10.33-12.47 m, pari a 0.45-0.43-0.52 in percento di fusto coperto.

I dati esposti nelle diverse tesi consentono le seguenti valutazioni generali.

Le piante prescelte nel 1987 risultano nel 2005 ancora i migliori fenotipi in relazione a dimensioni, qualità, stato vegetativo, caratteri del fusto, aspetti della chioma, posizione sociale, spazio disponibile.

Per le categorie commerciali, le piante si caratterizzano per la prevalenza di fusti di grosse dimensioni, di superiore pregio e valore.

Nelle aree diradate l'esecuzione degli interventi ha prodotto sensibili aumenti dell'incremento di diametro medio e riduzioni del rapporto ipsodiametrico - a vantaggio di una maggiore stabilità delle piante - in modo progressivo con l'intensità di taglio adottata.

Procedendo da A a C, i valori dei caratteri della chioma relativi all'ampiezza, alla proiezione a terra, al volume e al numero di palchi risultano progressivamente maggiori e determinano nelle piante un'accresciuta dotazione di strobili.

## Conclusioni

Nelle aree diradate sono stati ottenuti i principali obiettivi prefissati dal protocollo sperimentale: accrescere la stabilità fisica e biologica delle piante; equilibrarne il portamento complessivo di fusto e chioma; incrementarne la produzione legnosa e la dotazione di fusti grossi.

Il primo diradamento, eseguito tardivamente a 27 anni, ha rappresentato una pratica colturale indispensabile per attenuare la mortalità e gli effetti biologici negativi dovuti alla concorrenza radicale e aerea e per assicurare alle piante rimaste la necessaria illuminazione, superiore e laterale.

Non ha avuto effetti sensibili sugli incrementi di diametro, area basimetrica e volume, poiché le intensità applicate non sono state tali da determinare una

netta differenziazione di densità tra le tesi A, B e C e hanno interessato soprattutto quei soggetti del piano inferiore che esercitavano una minima competizione nei confronti delle piante prescelte.

Ne ha avuti invece sull'aumento del numero di fusti di medie e grosse dimensioni; sull'innalzamento della chioma degli alberi su un unico piano; sulla riduzione del grado di copertura, non ancora sufficiente, negli otto anni intercorsi, a permettere l'affermazione della rinnovazione naturale.

Il secondo diradamento, attuato a 35 anni, ha ulteriormente prodotto la diminuzione della densità, dell'area basimetrica, del volume e del grado di copertura; nonché l'aumento "tecnico" del diametro medio, dell'altezza media e dell'aliquota di piante appartenenti alla categoria dimensionale dei fusti grossi. Il tutto proporzionalmente al grado adottato.

In particolare ha comportato, procedendo da T a C, un aumento dell'incremento di diametro medio, del tasso di accrescimento di volume, del volume della pianta di volume medio, della stabilità degli alberi.

Ha prodotto anche una diversa ripartizione dendrometrica dei fusti e degli assortimenti per classi commerciali e la totale presenza di fusti grossi in B e C.

Per le piante prescelte, poiché alle verifiche del 1995 e del 2005 vengono confermati i migliori fenotipi individuati nel 1987, è validato il criterio adottato per la loro selezione.

Ha consentito infine l'eliminazione di piante dal piano intermedio e/o superiore, creando i presupposti all'interno delle aree sottoposte ad intensità di taglio media e forte per l'affermazione, negli ultimi dieci anni e per piccoli gruppi della rinnovazione naturale di latifoglie autoctone a seme pesante (castagno, faggio, cerro).

Il terzo diradamento ha visto il rilascio in ciascuna area del numero definitivo di piante prescelte.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano le maestranze del cantiere forestale di Varco S. Mauro di Rose dell'AFOR per la collaborazione data nell'esecuzione dei diradamenti, il personale tecnico Giuseppe Iannuzzi e Giuseppe Mauro e gli operai agricoli Gino Scarpelli ed Enzo Calabrese del CRA-SAM per l'impegno e la diligenza dimostrati nella conduzione dei rilievi in bosco.

## Bibliografia citata

- AVOLIO S., 1991 – *La gestione dei rimboschimenti di pino laricio in Calabria*. Rivista quadrimestrale "Note di Informazione sulla Ricerca Forestale" Ist. Sper. Selv., Anno I – 1, Arezzo: 3-6.
- AVOLIO S., CIANCIO O., 1979 – *Prove di diradamento e tavola di cubatura per pinete artificiali di pino laricio*. Ann. Ist. Sper. Selv., X, Arezzo: 25-78.
- AVOLIO S., BALDINI S., SPINELLI R., 1991 – *Prove di meccanizzazione in diradamenti di pinete artificiali di pino laricio nella pre-Sila di Cosenza*. Ann. Ist. Sper. Selv., XX, Arezzo: 501-548.
- AVOLIO S., BERNARDINI V., 1997 – *Prove di diradamento (1° e 2° taglio) con scelta degli alberi d'avvenire per pinete artificiali di pino laricio di Calabria*. Ann. Ist. Sper. Selv. XXVIII, Arezzo: 9-37.
- AVOLIO S., BERNARDINI V., TOMAIUOLO M., 2006 – *Produzione di biomassa ritraibile da tagli intercalari in rimboschimenti di pino laricio*. Atti del Convegno "Colture a ciclo breve per la produzione di biomassa lignocellulosica" Crotona, 28 novembre 2006.
- BALDINI S., SPINELLI R., 1993 – *Primi diradamenti nelle piantagioni di pino laricio della pre-Sila cosentina: risultati di 4 cantieri sperimentali*. Ann. Ist. Sper. Selv., XXIV, Arezzo: 91-104.
- CANTIANI P., IORIO G., PELLERI F., 2005 – *Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Perugia)*. Forest@ 2 (2): 207-216.
- LA MARCA O., 1993 – *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*. Ann. Acc. It. Sc. For., XXXII, Firenze: 70-114.
- D'ALESSANDRO C.M., BORGHETTI M., SARACINO A., 2005 – *Comportamento ecofisiologico di latifoglie nei processi di rinaturalizzazione di piantagione di conifere*. L'It. For. Mont., n. 4, Firenze: 429-445.
- MAIOLO G.G., 1998 – *La ricostituzione boschiva e la conservazione del suolo negli ultimi 50 anni in Calabria*. Atti della Giornata Preparatoria al Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Crotona, 14 marzo 1998: 53-81.
- NOCENTINI S., 2001 – *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia Meridionale*. L'It. For. Mont., n. 5, Firenze: 344-351.
- PIUSSI P., 1995 – *Selvicoltura generale*. UTET, Torino.
- REGIONE CALABRIA, 2007 – *Programma autosostenibile di sviluppo nel settore forestale regionale*. Assessorato Agricoltura, Foreste e Forestazione, Catanzaro: 1-137.

# Le pinete demaniali costiere di Ravenna e Ferrara: analisi dei tipi forestali e strutturali per la scelta del trattamento selvicolturale nel processo di pianificazione<sup>§</sup>

Paolo Cantiani<sup>1\*</sup>, Fabrizio Ferretti<sup>2</sup>, Giuseppe Pignatti<sup>3</sup>, Gianpiero Andreatta<sup>4</sup>, Giovanni Nobili<sup>4</sup>

*Accettato il 12 settembre 2008*

**Riassunto** – Si riportano i risultati dell'analisi della tipologia forestale e strutturale delle pinete demaniali a prevalenza di pino marittimo nella fascia litoranea da Cervia (Ravenna) a Volano (Ferrara).

Obiettivo è fornire un supporto alla scelta del trattamento selvicolturale più appropriato per soddisfare le molteplici finalità delle pinete tramite analisi di tipi forestali e di tipi strutturali modello. Si illustrano le caratteristiche ecologiche e strutturali dei principali tipi di pineta e l'impostazione della sperimentazione sul trattamento selvicolturale.

**Parole chiave:** *Pino marittimo, tipi forestali, funzioni, gestione, trattamento.*

**Abstract** – The state-owned pine forests on the coast of Ravenna and Ferrara: analysis of forest and structure types for choice of silvicultural system in the planning process. Results of the analysis on typology and structure of state forests dominated by maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) are reported. These formations grow on a narrow coastal belt between Cervia (Ravenna) and Volano (Ferrara), in the Emilia-Romagna region (Italy). The aim of the study is to support the proper silvicultural system in order to satisfy multiple use of pine forests using the analysis of forest types and model types of structure. Main ecological and structural features of principal pine forest types and experimental criteria on silvicultural systems are explained.

**Key words:** *Maritime pine, forest types, forest functions, forest management, silvicultural system.*

*F.D.C.: 187 :174.7 Pinus pinaster: 622: (450.45)*

## Introduzione

L'assestamento di una proprietà forestale privata si concretizza nell'organizzazione nello spazio e nel tempo del trattamento selvicolturale per ottimizzare, in modo sostenibile, le richieste espresse dal proprietario. La gestione delle foreste pubbliche a finalità prevalentemente sociali tende a soddisfare il più possibile tutti i valori del bosco (gestione multifunzionale). Pianificare questi boschi è quindi particolarmente complesso sia per la definizione del trattamento selvicolturale, sia per il controllo nel tempo dell'efficacia delle scelte gestionali. Si ritiene utile, per territori boscati di questa natura, che la pianificazione forestale sia flessibile, quindi monitorata periodicamente ed eventualmente riformulata in base

alle reazioni del bosco al trattamento selvicolturale applicato. A tal fine è funzionale impostare una rete di parcelle permanenti, o "aree di studio" (BERNETTI 1989), per il controllo del trattamento prescritto. Il protocollo di monitoraggio dovrà essere costituito da aree collocate in popolamenti forestali rappresentativi per tipo e struttura del bosco oggetto di pianificazione. Obiettivo specifico del contributo è la proposta di un procedimento, propedeutico e di supporto alla pianificazione, per individuare tipi gestionali "modello" rappresentativi delle principali tipologie e strutture del complesso boscato. Nel caso in oggetto il complesso forestale da pianificare è costituito dalle pinete demaniali litoranee emiliano-romagnole a prevalenza di pino marittimo e a valenza prevalentemente protettiva e turistico ricreativa.

---

<sup>§</sup> Lo studio è stato svolto nell'ambito del Progetto Life Natura 2004 " Tutela di siti Natura 2000 gestiti dal Corpo Forestale dello Stato" n° LIFENAT/IT/000190). Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

\* Autore corrispondente [paolo.cantiani@entecra.it](mailto:paolo.cantiani@entecra.it).

<sup>1</sup> CRA - Centro di ricerca per la Selvicoltura - Viale S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo, Italy.

<sup>2</sup> CRA - Centro di ricerca per la Selvicoltura - Viale Cascine, 1 - 50144 Firenze, Italy.

<sup>3</sup> CRA - Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta - Via Valle della Questione, 27 - 00166 Roma, Italy

<sup>4</sup> Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità - Via C. Colombo, 21 - 48100 Punta Marina Terme, Ravenna

## Cenni storici sulla gestione delle pinete demaniali

L'analisi della storia e delle caratteristiche delle pinete demaniali a prevalenza di pino marittimo della costa ravennate e ferrarese - impiantate a partire dalla fine del XIX secolo - permette di studiare il rapporto fra territorio e società e come questi si sono reciprocamente influenzati.

Alla pineta demaniale di Ravenna, al momento dell'impianto (avviato a partire dal 1882 con un primo nucleo di 37 ha) fu attribuita la funzione di proteggere dai venti salmastri di origine marina le colture agricole delle retrostanti aree bonificate (ASFD 1960).

L'attività iniziata nell'800 fu ulteriormente incentivata dalla "Legge Rava" del 1905 che dichiarò l'inalienabilità dei relitti marini in provincia di Ravenna e la loro destinazione al rimboschimento. Già alla fine degli anni '20 vennero evidenziati gli esiti positivi del rimboschimento effettuato: "costituire una bellezza naturale di grandissimo pregio [...] fonte di salute e prosperità per il retroterra ravennate. [...] difendendo il retroterra della bassa pianura ravennate dai danni dei venti salati, e garantendo per tale fatto lo sviluppo normale delle colture, [la pineta] costituisce un grande vantaggio economico-sociale" (BENINI 1931).

Con il passare del tempo la pineta assunse un importante ruolo anche per la funzione produttiva diretta. Il primo piano di assestamento (1950-1959) attribuiva notevole importanza alla produzione di pini, attività che nel corso degli anni - unitamente agli interventi di rimboschimento - costituì fonte di lavoro per un elevato numero di maestranze locali (ASFD 1950). Questa attività, di cui vi è ancora traccia nelle "aie" in cemento realizzate per l'essiccazione degli strobili, subì un progressivo calo a partire dall'inizio degli anni '60; in gran parte dovuto alla galaverna dell'inverno 1962/1963 che causò una moria di piante di pino domestico tale da far entrare in crisi la produzione (JEDLOWSKI 1964, CANTIANI 1994).

La funzione produttiva venne sempre più messa in disparte anche dalle nuove esigenze della società nate proprio negli anni '60 del secolo scorso e legate in gran parte allo sviluppo industriale di quegli anni. La crescente industrializzazione dell'area ravennate e l'aumento del turismo di massa legato alle zone marine, fecero sì che alla pineta venissero attribuite funzioni prevalentemente "igienico - sanitarie" e "turistico-ricreative" con la cessazione pressoché

totale di quella produttiva (NACCARATO 1971).

Nel secondo piano di assestamento della pineta (1970-1979) furono prese in considerazione le esigenze - e le collegate funzioni - di conservazione naturalistica tanto che vennero proposti trattamenti selvicolturali diversi. Fu infatti abbandonata l'impostazione essenzialmente produttivistica (taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata), per passare a criteri di gestione più conservativi (LONGHI 1969).

La storia gestionale della Pineta Demaniale di Lido di Volano (comuni di Comacchio - FE e Codigoro - FE) è analoga. Al momento del rimboschimento, iniziato negli anni 1934-1936 su circa 100 ha, le funzioni attribuite alla pineta erano quelle di protezione dei terreni retrostanti e di vantaggio economico-sociale; venne inoltre prevista a maturità la produzione di pini dal pino domestico. In conseguenza degli eventi meteorici del novembre 1966 - quando l'acqua del mare si riversò nell'entroterra per alcune centinaia di metri e vi ristagnò per diverso tempo - la funzione produttiva non ebbe mai piena attuazione, mentre sono rimaste valide nel tempo quella di protezione e quella economico-sociale.

Per garantire le esigenze di tutela e salvaguardia dell'ambiente ed attribuire un riconoscimento ufficiale alle funzioni ad essa collegate, nel 1977 vennero istituite la Riserva Naturale "Pineta di Ravenna" e la Riserva Naturale "Po di Volano".

Attualmente, sempre con la finalità di tutela e salvaguardia degli ambienti naturali, le pinete demaniali dell'Alto Adriatico rivestono contemporaneamente funzioni turistico-ricreative e scientifico-ambientali, legate in particolare alla conoscenza ed alla conservazione della biodiversità. Le pinete litoranee rappresentano infatti un ambiente di notevole importanza quale "corridoio ecologico" per molte specie animali e vegetali, in quanto costituiscono una fascia boscata che si sviluppa (con profondità variabile da poche decine a diverse centinaia di metri) per una lunghezza di circa 35 km su uno sviluppo di litorale di circa 80. Un progetto Life-Natura (LIFE04/NAT/IT/000190) ha come finalità proprio quella di massimizzare questa funzione attraverso l'approfondimento delle conoscenze scientifiche riferite ai vari ambienti presenti all'interno della pineta, effettuando interventi per migliorare le condizioni meccaniche e biologiche del popolamento forestale, realizzando azioni di miglioramento ambientale a favore della componente faunistica dell'ecosistema (NOBILI 2007).



## Materiali e metodi

L'indagine è articolata in due fasi. È stato innanzitutto effettuato un rilievo della vegetazione e delle caratteristiche ecologiche delle formazioni boscate; successivamente sono state analizzate in dettaglio le caratteristiche strutturali di popolamenti ritenuti "campione" dei singoli tipi ecologici-vegetazionali.

I rilievi della vegetazione sono stati effettuati in 72 transetti di 500 m<sup>2</sup> (10 x 50 m), orientati in direzione perpendicolare alla linea di costa. Di ogni specie presente all'interno del transetto è stata stimata la copertura secondo il metodo fitosociologico (BRAUN-BLANQUET 1964) e definita la collocazione nei diversi strati vegetazionali (arboreo, arbustivo ed erbaceo). Per la componente arborea sono stati distinti tre strati in base all'altezza dominante (altezza fino a 1/3 dell'altezza dominante, fra 1/3 e 2/3, oltre 2/3).

I dati vegetazionali sono stati elaborati con metodi di statistica multivariata (*Cluster analysis* e *Principal Component Analysis* (PCA), WILDI e ORLOCI 1983). I parametri della struttura arborea del transetto sono stati elaborati secondo la formula di PRETZSCH (1996):

$$\Delta = -\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z p_{ij} \cdot \ln(p_{ij})$$

Nella formula, la sommatoria per ogni specie "j" del prodotto della sua frequenza ("p") per il logaritmo della stessa, è calcolata separatamente per ognuno dei tre strati ("i") in cui è stata divisa la componente arborea.

La fase successiva è consistita nel rilievo dendrometrico e strutturale per la definizione dei "tipi strutturali" delle pinete. I tipi modello sono stati analizzati nelle loro caratteristiche dendrometriche e strutturali tramite parcelle permanenti. Per ciascun tipo modello è stato quindi impostato un protocollo sperimentale per la definizione del trattamento selvicolturale per ottimizzare la funzione attribuita alla pineta, la cui discussione sarà oggetto di un prossimo contributo.

Ogni protocollo è costituito da 3 parcelle permanenti (di dimensione variabile tra 900 m<sup>2</sup> e 1.600 m<sup>2</sup>). In ogni parcella le piante sono state numerate, è stato effettuato un cavallettamento totale con classificazione sociale (secondo tre categorie: dominanti, codominanti e dominate) ed è stato effettuato un rilievo campionario dei parametri: altezza dendrometrica, altezza di inserzione della chioma, ampiezza della

chioma (tramite rilievo di 4/8 raggi di proiezione della chioma al suolo). Le caratteristiche strutturali analizzate per classe sociale sono state: la composizione specifica della componente arborea, la densità, l'area basimetrica, i parametri dendrometrici medi (diametro ed altezza), la dimensione della chioma e gli indicatori di stabilità del popolamento (rapporto ipsodiametrico e profondità della chioma).

## Risultati

La *Cluster Analysis* effettuata utilizzando l'algoritmo di distanza euclidea sui dati di copertura delle specie presenti nei transetti, di cui si riporta in Figura 1 il dendrogramma risultato della classificazione, ha evidenziato sei gruppi di rilievi, corrispondenti ad altrettante situazioni ecologiche differenziate:

*M - Pineta mesofila* – Soprassuolo caratterizzato da pino marittimo talvolta associato al domestico, su suoli sabbiosi derivati dal livellamento di antiche dune, con presenza, nelle fasi più evolute, di farnia, frassino ossifillo, robinia, olmo.

*MX - Pineta mesoxerofila* – In condizioni ecologiche simili al tipo precedente, ma con il leccio più abbondante nello strato arboreo e soprattutto in quello arbustivo.

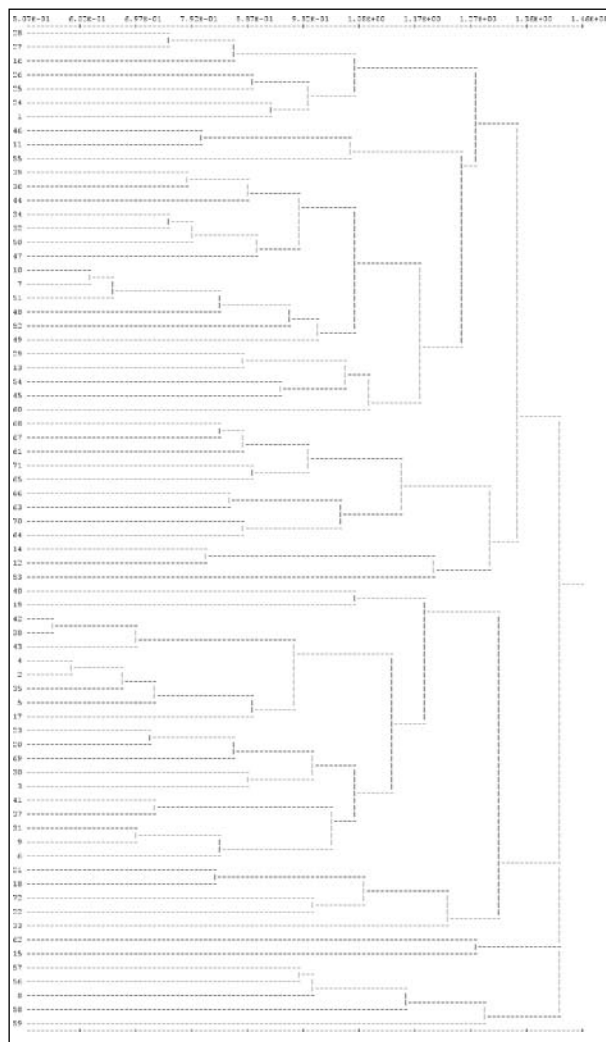
*X - Pineta xerofila* – Pinete che occupano le dune più recenti e spesso più vicine al litorale, dove il pino marittimo è presente spesso in purezza nello strato arboreo.

*I - Inclusi a vegetazione igrofila* – Nelle depressioni interdunali e lungo qualche canale si rinvencono specie igrofile (pioppo o frassino ossifillo), che si possono mescolare alla pineta circostante più o meno densa.

*A - Arbusteti delle dune recenti (litoranei)* – Nell'ambiente più prossimo alla costa, su superfici ridotte, è presente il residuo dell'originaria vegetazione dunale, che segue la successione corrispondente alle variazioni di profilo del terreno. Il pino può mancare o essere presente in gruppi, con diversi stadi di rinnovazione.

*E - Pineta a forte grado di antropizzazione* – E' la pineta caratterizzata da scarso sottobosco erbaceo ed arbustivo, massicciamente interessata dalla fruizione turistica, localmente interessata dalla presenza di pino bruzio.

Tale interpretazione emerge osservando nel dettaglio il dendrogramma: le pinete mesofile e me-



**Figura 1 -** Dendrogramma derivato dalla *Cluster analysis*.

M - Pineta mesofila (trascetti da n. 28 a n. 60), MX - Pineta mesoxerofila (da n. 68 a n. 53), X - Pineta xerofila (da n. 40 a n. 17), I - Inclusi a vegetazione igrofila (da n. 23 a n. 6), A - Arbusteti delle dune recenti (da n. 21 a n. 33), E - Pineta a forte grado di antropizzazione (da n. 62 a n. 59).

*Cluster analysis dendrogram.*

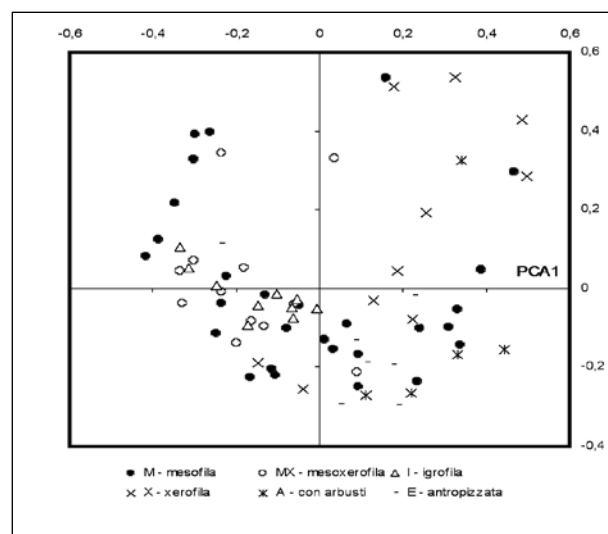
M - Mesophylous pine forest (transects from n. 28 to n. 60), MX - Meso-xerophylous pine forests (from n. 68 to n. 53), X - Xerophylous pine forests (from n. 40 to n. 17), I - Hygrophyllous vegetation areas (from n. 23 to n. 6), A - Shrub areas of littoral recent dunes (from n. 21 to n. 33), E - Pine forest with high anthropogenic impact (from n. 62 to n. 59).

soxerofile appaiono come due gruppi ben distinti (rispettivamente, rilievi n. 28-60 e 68-53), mentre la suddivisione nei rimanenti gruppi (rilievi n. 40-6, 21-33, 62-15 e 57-59) appare più sfumata. In realtà i rilievi dal n. 62 al 59 possono essere assimilati alla medesima situazione, essendo caratterizzati da un soprassuolo molto omogeneo e sottobosco di specie banali, favorite dall'intensa antropizzazione. I rilievi

dal n. 21 al n. 33 sono riferibili agli arbusteti, dove la componente arborea è marginale o del tutto assente. Infine, i rilievi dal n. 40 al n. 6, includono rilievi delle pinete della sommità delle dune (di impronta xerofila, ril. 23-6), delle adiacenti bassure (con vegetazione igrofila, ril. 42-17) o distinguibili per la presenza di pioppo bianco (ril. 40 e 19). Il raggruppamento di tali rilievi, apparentemente relativi a situazioni ecologiche opposte rispetto alla disponibilità idrica, è spiegabile con la vicinanza delle due situazioni (sommità dunale e interduna), con possibilità, per determinate specie più ubiquitarie, di essere presenti in entrambe.

Si può facilmente osservare che sotto i popolamenti più densi la copertura arbustiva si riduce a poche specie (rovo, robbia, ligustro) mentre in quelli più aperti lo strato arbustivo presenta in abbondanza fillirea, ginepro, agazzino, crespino ed altre specie di temperamento più eliofilo. Accanto alla luce disponibile nel sottobosco, un fattore che spiega la distribuzione della vegetazione è il profilo del terreno. Poche decine di centimetri di depressione sabbiosa bastano spesso a determinare la presenza di vegetazione più igrofila (es., *Holoschoenus*, *Erianthus* ecc.), mentre sulle sommità si rinviene quella di impronta xerofila. Va sottolineato che tutta l'area costiera è interessata da un processo di subsidenza che tenderà ad accentuare nei prossimi decenni il carattere "mesofilo" delle pinete.

Queste osservazioni trovano una conferma nell'elaborazione dei dati floristici con PCA (Figura 2). L'asse che spiega la maggior parte della varianza (pari al 9,8 % del totale), ovvero quello delle ascisse PCA1,

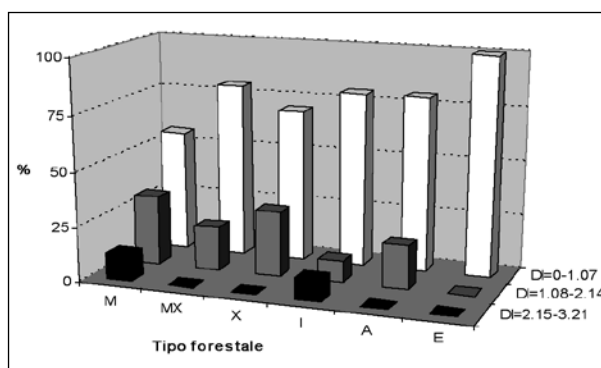


**Figura 2 -** Diagramma PCA dei rilievi vegetazionali, con attribuzione del tipo forestale in base alla Cluster Analysis.  
*PCA Diagram of vegetation relevés, with indication of forest type following the cluster analysis.*

è interpretabile come espressione del gradiente di umidità del suolo. Infatti nella porzione di sinistra del diagramma vi sono in prevalenza rilievi delle pinete mesofile e delle bassure igrofile, mentre in quella di destra vi sono i rilievi delle parti più xerofile, ovvero le pinete delle sommità dunali più recenti e le formazioni arbustive retrodunali. Questa suddivisione confermerebbe anche l'ipotesi relativamente all'inquadramento delle pinete igrofile discussa a proposito del dendrogramma. Va infatti sottolineato il carattere di "mosaico" dell'habitat, caratterizzato da frequenti cambiamenti delle condizioni ecologiche anche su piccola superficie e quindi da una sovrapposizione di gruppi di specie a diverso temperamento.

In termini di diversità strutturale (Figura 3), la pineta mesofila e, in misura minore, quella igrofila possono presentare i livelli più elevati dell'indice di diversità. La pineta mesofila, ad esempio, presenta quasi il 20% di rilievi con indice elevato, circa 35% con indice a valore intermedio, ma la rimanente metà a valore basso. Il valore basso dell'indice, corrispondente a valori fino ad 1/3 di quello massimo (3.21), è una caratteristica generale di tutte le pinete nel 50% o più dei casi, a testimoniare una generale semplificazione della struttura arborea, peraltro facilmente spiegabile considerando l'origine dei soprassuoli.

La struttura degli specifici tipi di pineta è stata quindi analizzata tramite lo studio dei parametri dendrometrico-strutturali di popolamenti modello. L'analisi dendrometrica di sintesi è riportata in Tabella 1. Le Tabelle 2 e 3 sintetizzano le caratteristiche di



**Figura 3** - Frequenze dei valori dell'indice di diversità strutturale DI (ripartito in tre classi di ampiezza uguale, rispetto al valore massimo di 3.,21), nei rilievi dei diversi tipi forestali.  
*Frequencies of the Structural Diversity-Index (DI) values (in three classes of identical width, compared to maximum value of 3.21), in the relevés of forest types*

struttura e di stabilità dei popolamenti.

Le pinete più xerofile (tipi forestali E e X) sono generalmente in uno stadio evolutivo giovanile (peticiaia e giovane fustaia). I popolamenti presentano densità eccessive dovuta alla carenza di cure colturali (Tabella 1). La composizione specifica e la struttura spaziale sono ancora fortemente influenzate dalla modalità di piantagione. La strutturazione sociale è in avanzata fase dinamica; vi è una forte componente di piante nelle classi codominante e soprattutto dominata, che si trovano in piani verticali ancora non decisamente differenziati rispetto a quello dominante (si vedano i valori di altezza media per classi sociali). Notevoli variabilità si cominciano invece ad avvertire a livello dei diametri del fusto (Tabella 2) e, ancor più, sullo

**Tabella 1** - Parametri dendrometrici nei tipi strutturali per specie.  
*Dendrometrical parameters in the structure types by species.*

tipo	Località	età	specie	N ha <sup>-1</sup>	%	G ha <sup>-1</sup> m <sup>2</sup>	%	
E	pineta a forte grado di antropizzazione	Lido di Spina	35	pino bruzio	861	76.7	24.6	79.4
				pino marittimo	139	12.4	3.9	12.5
				pino domestico	122	10.9	2.5	8.1
				tot	1122	100.0	31.0	100.0
X	pineta xerofila	Lido di Classe	40	pino marittimo	2015	100.0	38.1	100.0
				MX	Volano	70	leccio	512
	biancospino	452	35.8	2.4			7.4	
				pino marittimo	123	9.8	11.0	33.0
				pino domestico	93	7.3	11.6	34.9
				robinia	41	3.3	0.6	1.8
				farnia	35	2.8	0.8	2.3
				orniello	5	0.4	0.0	0.1
				fillirea	2	0.1	0.0	0.0
				tot.	1263	100.0	33.2	100.0
M	pineta mesofila	Punta Marina	50	pino marittimo	410	57.4	25.5	73.3
				orniello	111	15.6	1.0	2.8
				pino domestico	84	11.8	7.0	20.2
				leccio	61	8.5	0.5	1.4
				farnia	40	5.6	0.8	2.3
				carpino nero	7	1.0	0.0	0.1
				tot.	715	100.0	34.8	100.0

**Tabella 2** - Parametri dendrometrici nei tipi strutturali per classi sociali.  
*Dendrometrical parameters in the structure types by crown classes.*

tipo		N ha <sup>-1</sup>	% m <sup>2</sup>	G ha <sup>-1</sup>	% cm	dgm m	hm
E	pineta a forte	Dom 328	29.2	12.9	41.6	22.3	12.5
	grado di	cod 406	36.1	10.9	35.1	18.4	11.6
	antropizzazione	dom 389	34.7	7.2	23.4	15.4	11.0
X	pineta xerofila	Dom 637	31.6	17.8	46.7	18.9	12.7
		cod 536	26.6	10.9	28.7	16.3	12.4
		dom 845	42.0	9.6	25.1	12.0	11.7
MX	pineta mesoxerofila	Dom 197	15.6	20.4	61.3	36.1	16.8
		cod 154	12.2	6.0	17.9	22.1	15.7
		dom 943	74.7	7.0	21.0	10.1	12.3
M	pineta mesofila	Dom 233	32.6	21.2	61.0	34.0	14.6
		cod 136	19.1	8.2	23.7	27.6	13.6
		dom 343	48.0	5.2	15.0	14.6	10.4

sviluppo della chioma (Tabella 3). L'analisi degli indicatori di stabilità (particolarmente importanti per questa tipologia di pineta, generalmente situata in zone prossime alla linea di costa e quindi a prevalente funzione di protezione) evidenzia valori generalmente bassi del rapporto ipsodiametrico (Tabella 3). In particolare la giovane fustaia di tipo X a Lido di Classe, a diretto contatto con i venti dal mare, dimostra una particolare variabilità del valore dell'indice di stabilità altezza/diametro tra le classi sociali dominante e dominata. Anche il valore della profondità della chioma è inferiore negli strati dominati.

I tipi forestali più mesofili (tipi M, MX) hanno strutture più articolate, conseguenza dello stadio evolutivo generalmente più avanzato e della maggiore diversità specifica.

## Discussione

I rilievi tipologici e vegetazionali evidenziano che le pinete, nonostante la loro omogeneità strutturale, presentano al loro interno una serie di situazioni ecologiche diverse ben riconoscibili. La ricchezza di specie complessiva dipende dalla presenza "a mosaico" di biotopi, in parte derivanti dalla variabilità morfologica degli antichi cordoni dunali, ma anche dall'evoluzione del soprassuolo forestale in un ecosistema costiero (originariamente "non" forestale).

Alcuni biotopi particolari, come:

- i biotopi umidi
  - gli arbusteti xerofili,
  - le aree con isole di alberi senescenti,
  - i margini forestali ben sviluppati,
- che sono oggi rari in ampi tratti delle pinete, potrebbero essere ripristinati o valorizzati a tratti, caratterizzando in futuro un ambiente forestale costiero meno

antropizzato e più ricco di biodiversità.

L'assetto strutturale delle pinete è generalmente semplificato, funzione diretta della loro origine artificiale e dalla loro monospecificità. La struttura verticale dei soprassuoli è generalmente monoplana. La mancanza di un regolare regime di diradamenti nel passato ha concorso alla formazione di una distribuzione spaziale orizzontale disequilibrata, tendente all'eccessiva densità delle piante. Nelle pinete più vecchie si è innescato recentemente il processo naturale di selezione che, in popolamenti di specie eliofile, si traduce nella mortalità dei soggetti dominati. L'eccessiva densità, soprattutto in fase giovanile, comporta la scarsa funzionalità del sistema: i soprassuoli sono costituiti da soggetti squilibrati nella proporzione chioma-fusto, poco funzionali alla stabilità complessiva del popolamento.

Il diradamento appare una strategia che può accrescere l'efficienza complessiva di questi sistemi sotto molti punti di vista. Sulla dinamica della funzione protettiva dei boschi monostratificati si riporta BERNETTI (1986): "I popolamenti molto giovani e densi, grazie all'elasticità dei fusti e alla chioma viva ancora inserita in basso, oppongono una resistenza collettiva contro le sollecitazioni da vento (...) ma col crescere, il bosco perde questa capacità di difesa collettiva perché i fusti diventano troppo rigidi e le chiome si fanno inserite in alto, asimmetriche e discontinue; allora sarebbe preferibile avere un popolamento di piante rade, grosse e chiomose capaci di resistere individualmente".

Il diradamento può sortire effetti positivi nei riguardi:

- i) della stabilità dei popolamenti e quindi del miglioramento della funzione di protezione diretta (effetto incrementale sui fusti; armonizzazione delle proporzioni tra chioma e fusto; miglioramento del rapporto ipsodiametrico)
- ii) dell'innescarsi di processi di rinaturalizzazione delle pinete (per mutamento delle condizioni ecologiche al suolo – luce, umidità ecc.)
- iii) del valore estetico dei popolamenti.

Le diverse modalità di diradamento delle pinete tenderanno ad ottimizzare le funzioni della pineta e saranno calibrate in base all'età ed alla struttura dei popolamenti.

Un'altra opzione di strategia selvicolturale è quello di compiere, su popolamenti ritenuti idonei, interventi mirati alla rinaturalizzazione. Gli interventi tesi a favorire l'ingresso graduale di rinnovazione naturale di

**Tabella 3** - Indici di stabilità nei tipi strutturali per specie e classi sociali.  
*Stability indexes in the structure types by species and crown classes.*

tipo	specie classe soc	superficie media chioma			rapporto ipsodiametrico			profondità chioma			
		Dom m <sup>2</sup>	cod m <sup>2</sup>	dom m <sup>2</sup>	Dom m/cm	cod m/cm	dom m/cm	Dom %	cod %	dom %	
E	pineta a forte	p. bruzio	13.4	6.7	3.7	0.56	0.64	0.78	51.3	47.7	44.4
	grado di	p. marittimo	4.1	4.2	2.5	0.60	0.52	0.58	40.2	38.0	32.9
	antropizzazione	p. domestico	8.6	7.9	3.7	0.56	0.57	0.66	33.0	46.1	41.0
X	pineta xerofila	p. marittimo	6.5	4.5	2.1	0.67	0.70	0.97	36.4	33.1	28.2
MX	pineta xerofila	p. marittimo	48.4	34.6	4.3	0.39	0.49	0.68	36.4	35.7	16.8
		p. domestico	48.9	41.0		0.44	0.39		48.0	49.5	
M	pineta mesofila	p. marittimo	43.7	17.6	9.3	0.43	0.49	0.56	35.0	37.0	36.5
		p. domestico	49.0	34.3	33.7	0.37	0.43	0.45	53.5	43.7	45.8

specie autoctone nelle pinete possono consistere in: i) apertura di buche nella copertura delle pinete; ii) interventi di diradamento di forte intensità (assimilabili a tagli di sementazione); iii) interventi localizzati nelle zone di margine della copertura della pineta. Altra scelta gestionale è quella dell'astensione da qualsiasi intervento. La scelta può essere effettuata laddove le attuali strutture delle pinete facciano ritenere utile un periodo di dinamica naturale.

Il procedimento adottato si è dimostrato un valido supporto per la definizione dei tipi strutturali oggetto delle scelte selvicolturali nell'ambito della pianificazione di un complesso assestamentale. La costituzione di una rete di parcelle permanenti a testimonianza ("dimostrazione") dei trattamenti prescritti con il piano di gestione, avrà anche l'utilità di "sperimentare" l'efficacia delle diverse modalità del trattamento per assicurare le funzioni assegnate come prioritarie. Il monitoraggio e la valutazione comparata nel tempo dei trattamenti sperimentali consentirà in futuro di validare o correggere le scelte gestionali effettuate.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il personale del Corpo Forestale dello Stato in servizio nei Posti Fissi di Marina di Ravenna e Casalborgorsetti e nei Comandi Stazione Forestale di Cervia e Volano per la fattiva collaborazione. Un sentito ringraziamento a Francesca Serafini e Fabrizio Bellini che hanno scrupolosamente effettuato i rilievi nelle parcelle sperimentali.

## Bibliografia

- ASFD, 1950 - *Piano di assestamento per il decennio 1950-1969*.
- ASFD, 1960 - *L'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali*. Volume I. Soc. A.B.E.T.E.. Roma.
- BENINI L., 1931 - *L'Ufficio di Amministrazione delle Foreste Demaniali di Ravenna e la sua attività dal 1922 al 1931*. In: Il Comune di Ravenna, Fasc. III-IV: 9-11.
- BERNETTI G., 1986 - *I piani di diradamento nell'ambito dell'assestamento forestale*. Monti e Boschi (6): 23-32.
- BERNETTI G., 1989 - *Assestamento Forestale. I piani particolareggiati forestali*. DREAM. Firenze. 263 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964 - *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer. Wien-New York.
- CANTIANI P., 1994 - *Indagine sui danni da gelo nelle pinete dell'alto litorale adriatico*. L'Italia Forestale e Montana (1): 54-70.
- JEDLOWSKI E., 1964 - *Le pinete del litorale romagnolo in rapporto alle recenti vicende climatiche*. Bollettino Economico della C.C.I.A.A. di Ravenna, 9: 665.
- LONGHI G., 1969 - *Foresta "Pineta di Ravenna". Piano di Assestamento esecutivo per il decennio 1970-1979*. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali.
- NACCARATO F., 1971 - *La pineta demaniale ravennate*. Bollettino Economico della C.C.I.A.A. di Ravenna, 6: 3-6.
- NOBILI G., 2007 - *Le pinete demaniali litoranee dell'Alto Adriatico: interventi per un ruolo ecologico attuale*. Progetto LIFE - Natura 2004 "Tutela di siti Natura 2000 gestiti dal Corpo Forestale dello Stato". Atti del Convegno "La selva antica di Ravenna a cento anni dalla legge Rava", Fondo per l'Ambiente Italiano, 3 dicembre 2005, Ravenna. Longo Editore, Ravenna. (in stampa).
- PRETZSCH H., 1996 - *Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns*. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 11: 213-221.
- WILDI O., ORLOCI L., 1983 - *Management and Multivariate Analysis of Vegetation Data*. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 215, Birmensdorf.



# Rinnovazione agamica e produttività degli eucalitteti di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii* della fascia ionica crotonese nei primi quattro cicli colturali

Silvano Avolio<sup>1</sup>

*Accettato il 12 settembre 2008*

**Riassunto** – Sono presentati i dati di prove sperimentali di taglio raso senza rilascio di matricine condotte in popolamenti di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii* della fascia ionica crotonese (Calabria) alla fine dei primi quattro cicli colturali: gamico (aprile 1974) e agamico (aprile 1984, 1993, 2001). Le piantagioni, pure esprimendo parzialmente le loro potenzialità produttive per l'ambiente oggettivamente difficile ove sono stati effettuati gli impianti, hanno garantito nei primi tre cicli agamici una bassa mortalità delle ceppaie, una discreta capacità di rinnovazione, una buona facoltà pollonifera. La mortalità riscontrata nell'*E. x trabutii* è più alta di quella dell'*E. occidentalis*, sia nella fase gamica che nell'insieme dei cicli agamici. La capacità di rinnovazione agamica e la facoltà pollonifera nell'*E. occidentalis* sono superiori rispetto all'*E. x trabutii*. Per il portamento dei polloni i fusti di prima classe (verticali) sono una prerogativa dell'*E. x trabutii*. Le dimensioni di diametro e altezza medi nei polloni di *E. x trabutii* sono superiori a quelle di *E. occidentalis*. Il rapporto ipsodiametrico dei polloni si mantiene elevato sia nell'*E. x trabutii* che nell'*E. occidentalis*, per cui i fusti agamici, rispetto alle piante da seme, risultano a maggiore rischio di danni meteorici. Il volume cormometrico a ettaro prodotto dalle due specie nei cicli agamici è sensibilmente più alto di quanto riscontrato nella fase gamica e, nell'ultimo ciclo, ancora in leggera crescita. Nei cedui le masse legnose a 8 anni variano da 42-49 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> per l'*E. occidentalis* a 59-83 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> per l'*E. x trabutii*. Negli ultimi due cicli agamici, in alcune aree di entrambe le specie, è comparsa la rinnovazione per polloni radicali, a carattere invasivo e a chiome basse e prostrate. Gli eucalitteti del crotonese, per essere estesi ancora su circa 4500 ettari e la disponibilità di notevoli quantitativi di biomassa da destinare a legna da ardere e ad usi industriali, costituiscono popolamenti di elevato interesse economico.

**Parole chiave:** *eucalitteti, fustaie, cedui, rinnovazione agamica, produttività legnosa, biomasse lignocellulosiche.*

**Abstract** – Agamic regeneration and wood productivity in the *E. occidentalis* and *E. x trabutii* plantation of the ionian area of Crotona at the first four cultivation cycles. Here are explained the results of clear cutting without the release of standards trials conducted in stands of *E. occidentalis* and *E. x trabutii* of the ionian area of Crotona (Calabria) at the end of the first four cultivation cycles: gamic (April 1974) and agamic (April 1984, 1993, 2001). The plantations, even if partially expressing their productive potentialities for the environment, objectively difficult where there have been plantings, have guaranteed, in the first three agamic cycles, a low mortality of the stumps, a discrete ability of regeneration, a good shooting faculty. The mortality in the *E. x trabutii* is higher than the one in the *E. occidentalis*, both in the gamic phase and in the group of the agamic cycles. The ability of agamic regeneration and the shooting faculty in the *E. occidentalis* are higher than in the *E. x trabutii*. As regards the bearing of the coppice shoots, the first class (vertical) stems are a prerogative of the *E. x trabutii*. The average diameter and height in the *E. x trabutii* coppice shoots are higher than in the *E. occidentalis* ones. The ipsodiametrical ratio of the coppice shoots is high both in the *E. x trabutii* and in the *E. occidentalis*, so the agamic stems, in comparison with seed plants, are at greater risk of weather damage. In the last two agamic cycles the regeneration of the radical coppice shoots with an invasive feature and short and worn out crowns, appeared in some areas of both species. The cormometrical volume per hectare produced by the two species in the agamic cycles is sensibly higher than the one found in the gamic phase and, in the last cycle, still slightly growing. In the coppices the eight-year-old wood stands vary from 42-49 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> for the *E. occidentalis*, to 59-83 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> for the *E. x trabutii*. The plantations of eucalypts of Crotona, for the availability of remarkable quantities of biomass for industrial use and in order to be still extended on about 4500 hectares, constitute stands of great economic interest.

**Key words:** *plantations of eucalypts, high forests, agamic regeneration, wood productivity, lignocellulose biomasses.*

*F.D.C.: 231: 176.1 Eucalyptus: 238: (450.78)*

## Introduzione

La storia forestale significativa più recente della Calabria è contrassegnata da un'intensa e meritoria opera di ricostituzione e di ampliamento della superficie boscata operata nel territorio dallo Stato.

Gli impianti realizzati avevano l'intento deliberato di assolvere alla funzione di conservazione del suolo.

La specie più impiegata è stata il pino laricio (*Pinus laricio* Poiret), autoctona nei complessi montuosi della Sila e dell'Aspromonte. Fra quelle esotiche citazione particolare spetta agli eucalitti, sia per l'entità

---

<sup>1</sup> Direttore CRA-SAM Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità di ricerca per la Selvicoltura in ambiente mediterraneo. Via P. Rossi, 49 - 87100 Cosenza (Italy). Tel. +39 0984 32989 Fax +39 0984 31567. [silvano.avolio@entecra.it](mailto:silvano.avolio@entecra.it); [sam@entecra.it](mailto:sam@entecra.it)

delle superfici investite, 26.000 ettari (MAIOLO 1984), sia per avere consentito, in modo particolare lungo la costa ionica e nell'immediato entroterra collinare, il rivestimento arboreo di molte aree nude e argillose, in palese stato di dissesto idrogeologico, con recupero di zone interne calanchive e franose.

Scopo principale di quel tipo di investimento era di realizzare, in tempi veloci e in ambienti difficili e ostili alla ricostituzione forestale, popolamenti di specie arboree sempreverdi, relativamente frugali, a elevato attecchimento, con buone capacità di adattamento e a rapida crescita, capaci di garantire una pronta copertura del suolo. Altri importanti obiettivi erano quelli di alleggerire in ambito locale la forte pressione sociale attenuando il grave fenomeno dell'emigrazione e di fornire, in cicli culturali relativamente brevi, materiale legnoso di particolari caratteristiche e dimensioni, adatto per le attività industriali promosse in quel periodo nella regione.

A seguito dell'esperienza, nel complesso positiva, degli impianti effettuati in Sicilia nel periodo 1950-60 (BASSI 1951, 1956; AGOSTINI 1953; ANDREUCCETTI 1953; MOGGI 1957; DE PHILIPPIS 1962, 1967; GIORDANO 1964; MORANDINI 1964), la scelta venne circoscritta ad alcune specie di eucalitti ritenute le più idonee per conseguire in Calabria gli scopi prefissati. Principalmente *Eucalyptus x trabutii* Vilm. ed *E. occidentalis* Endl.; marginalmente e in zone limitate *E. globulus* Lab., *E. camaldulensis* Dehn., *E. botryoides* Smith, *E. gonphocephala* D.C..

Prende così l'avvio, lungo le coste e nell'immediato entroterra collinare ionico calabrese, la incisiva opera di rimboschimento a base di eucalitti, che ha interessato vaste superfici e, a volte, intere valli.

Dapprima è stato largamente diffuso l'*E. x trabutii*, che presentava preziose caratteristiche: plasticità notevole, attecchimento elevato, portamento regolare, accrescimento rapido, resistenza al vento; ma che, trattandosi di un ibrido naturale, poteva dare luogo nella seconda generazione a discendenze eterogenee.

In seguito si è ritenuto più utile impiegare massivamente l'*E. occidentalis* che, rispetto al primo, assicurava una migliore adattabilità ai terreni compatti con elevato contenuto di argilla, una maggiore velocità nell'ampliamento della giovane chioma, una superiore iniziale rapidità di accrescimento, una marcata resistenza all'aridità estiva mediterranea, una soddisfacente capacità produttiva anche in situazioni orografiche difficili. Solo dopo qualche anno dalla piantagione si

palesò il portamento scadente delle piante, con bi e triforcazioni del fusto a qualche metro da terra, chioma espansa e irregolare, ramificazioni pesanti e sensibili all'azione dei venti.

L'approvvigionamento del seme di *E. x trabutii* è condotto su alberi *plus* dell'Agro Pontino Romano, quello di *E. occidentalis* su piante di Paesi del Nord Africa (Tunisia, Algeria, Marocco).

In vivaio il seme, date le dimensioni, è mescolato a sabbia e sparso a spaglio in primavera in letti di semina appositamente preparati con terriccio permeabile, setacciato e sterilizzato. Il trapianto dei semenzali, eseguito dopo 40-50 giorni dalla semina, è operato in contenitori di plastica (polietilene). Le piantine sono poste a dimora all'età di 5-10 mesi, con altezze di 15-35 cm.

La tecnica di preparazione del terreno subisce nel tempo una profonda evoluzione. Nei primi impianti (1958-60), che hanno interessato i terreni delle fasce dorsali collinari, è adottato il sistema di lavorazione del terreno a buche o gradoni. Subito dopo, per le notevoli fallanze e i modesti accrescimenti delle piante sopravvissute, nelle aree a minore acclività è eseguita la lavorazione a strisce con mezzi meccanici, secondo l'andamento delle isoipse. I risultati sono migliori, ma ancora non del tutto soddisfacenti, per cui negli anni seguenti è condotta la lavorazione andante secondo le linee di massima pendenza, anche in impianti di una certa estensione (200-300 ettari), utilizzando macchine di elevata potenza per permettere il modellamento delle pendici e di raggiungere profondità di 60-70 cm.

La piantagione è effettuata da ottobre a marzo, con apertura a mano di buche poco più grandi del pane di terra ove è collocato il postime. Le distanze tra le piante sono diverse secondo il sistema di preparazione del terreno. Il sesto in quadro di m 3 x 3, con una densità di 1100 piante a ettaro, adottato negli impianti ove si è proceduto alla lavorazione andante del terreno, ottiene i maggiori consensi e permette nei primi anni di eseguire gli interventi culturali con mezzi meccanici.

Le cure culturali alle piante (risarcimenti, erpicature, sarchiature, ripuliture), indispensabili per il successo dell'impianto, vengono eseguite due volte all'anno (inizio primavera e in estate) e per tre anni dopo la messa a dimora.

Per la forma di governo i popolamenti potevano essere mantenuti ad alto fusto o utilizzati per convertirli a ceduo (PATRONE 1970; GOES 1977). In Calabria,



poiché le piantagioni dovevano adempiere anche alla funzione produttiva - seppure secondaria rispetto a quella di protezione - e destinare il materiale legnoso all'industria di trasformazione, il governo ritenuto più adatto fu quello a ceduo semplice.

Nel 1977 iniziarono le utilizzazioni che interessarono le aree prossime all'ex stabilimento della Cellulosa Calabria di Crotona. Il trattamento applicato fu a taglio raso, senza rilascio di matricine, su superfici di modesta estensione (1-2 ettari). Per entrambe le specie si ipotizzò un ciclo gamico di 10-15 anni e 3-4(5) cicli agamici (a ceduo semplice), ciascuno di 8-10(12) anni (HERMANIN 1975; CIANCIO e HERMANIN 1976; CIANCIO e GEMIGNANI 1979).

Negli anni novanta del secolo scorso la superficie occupata dagli eucalitti nella regione è calcolata in 18.000 ettari (Maiolo 1993): 9400 (53%) a *E. occidentalis*, 7700 (42%) a *E. x trabutii*, 900 (5%) riguardanti le restanti specie introdotte. Per le classi d'età 2400 ettari (13%) hanno età compresa tra 6 e 10 anni, 10.100 ettari (56%) tra 11 e 15 anni, 5500 ettari (31%) superiore a 15 anni. I popolamenti, sia allo stato di fustaia che di ceduo di primo ciclo, avevano superato da più anni l'età di taglio indicata e andavano utilizzati nel più breve tempo possibile (GOES 1991; AVOLIO 1992).

Nell'area di Crotona (MENDICINO 1996, 2001; ARCIDIACO *et al.* 2001; MENDICINO *et al.* 2007) le piantagioni di eucalitti interessano ancora una parte importante di quella occupata originariamente. Nell'insieme le aree significative ammontano a 4500 ettari, per il 75% ad *E. occidentalis* e il 18% ad *E. x trabutii*.

La forma di governo prevalente per le due specie è quella del ceduo. Nella maggior parte dei casi si tratta di cedui alla prima fase agamica e, solo su superfici limitate, di popolamenti al secondo ciclo. L'età è variabile da 5 a 20 anni e con essa le masse legnose a ettaro dei popolamenti: da 30-40 m<sup>3</sup> (a 5 anni, per l'*E. occidentalis*) a 280-300 m<sup>3</sup> (a 20 anni, per l'*E. x trabutii*).

Soprasuoli caratterizzati a fine turno da considerevoli produzioni, destinate ad aumentare dal primo al secondo ciclo agamico e, seppure leggermente, dal secondo al terzo, come accertato dalla sperimentazione in corso. Materiale legnoso la cui domanda, peraltro, è in continua crescita da quando nel 2001 e 2003 sono entrate in funzione le centrali "Biomasse Italia" a Crotona e Strongoli e "Marcegaglia energy" a Cutro, per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (MUGHINI *et al.* 2006; PROTO e ZIMBARLATTI

2008; AVOLIO 2008).

Il presente lavoro, a distanza di 35-36 anni dai primi rimboschimenti con eucalitti realizzati nel contesto del crotonese e di 27 anni dall'inizio della ricerca, costituisce di fatto il primo contributo scientifico dell'ex ISSEL-CS, ora CRA-SAM, riguardante i risultati di prove sperimentali sulle modalità e capacità di rinnovazione agamica di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii* e i dati delle produzioni legnose nei rispettivi popolamenti: fustaia e ceduo di primo, secondo e terzo ciclo.

## La sperimentazione nella fascia ionica crotonese

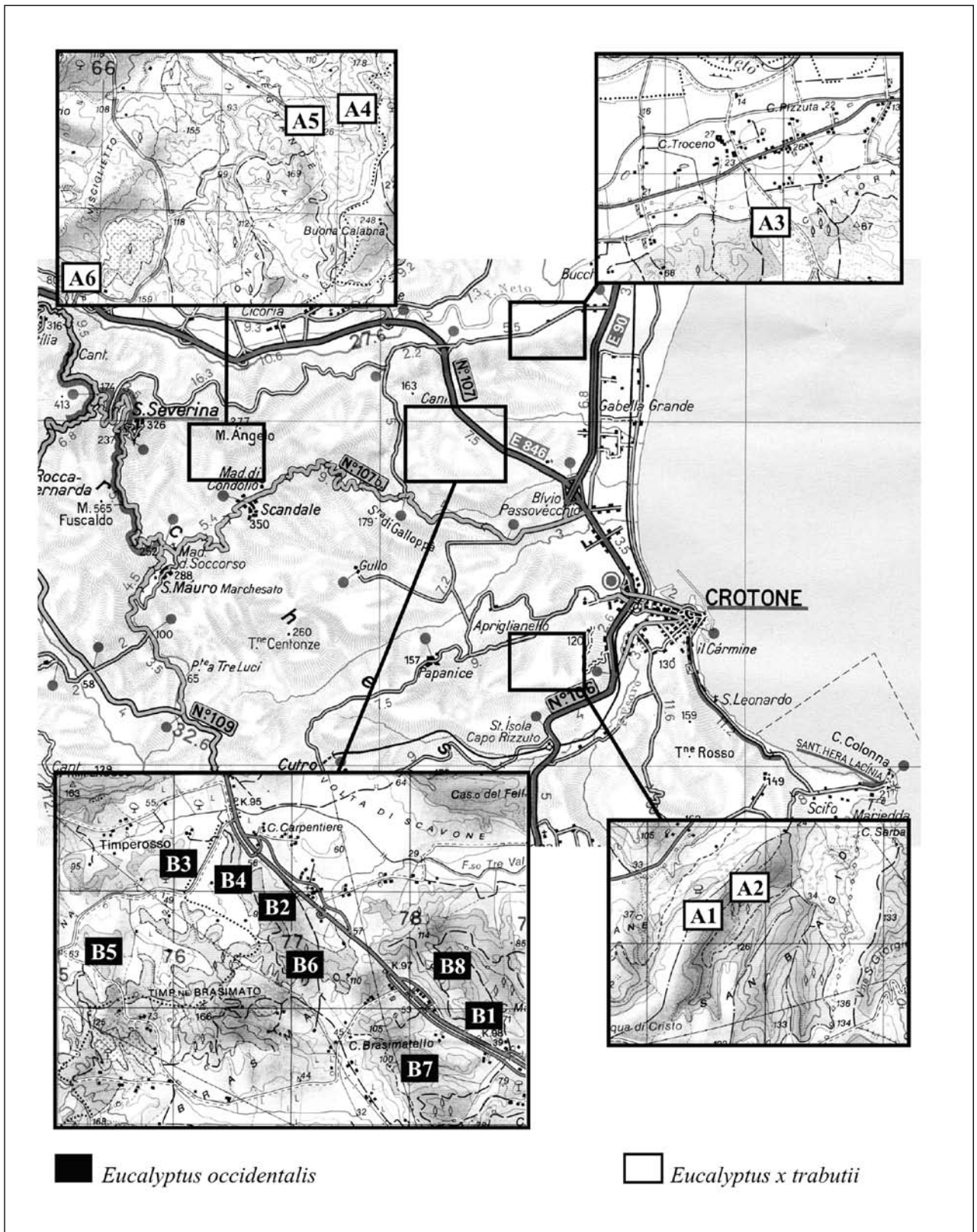
### L'ambiente

Le aree sperimentali oggetto della ricerca (Tavola 1) si trovano nella fascia ionica della Calabria e ricadono nei comuni di Crotona e Santa Severina, ad un'altezza sul livello del mare variabile da 30 a 190 m. Le coordinate geografiche sono comprese tra 6°66 e 6°80 di Longitudine Est (da M. Mario) e tra 39°05 e 39°10 di Latitudine Nord. Le parcelle presentano mediamente fattore topografico di piano, esposizione prevalente a Sud-Est, condizioni di viabilità interna buone.

Il clima è quello tipico del piano basale ionico calabrese, caratterizzato da inverno mite ed estate calda e molto siccitosa. In prossimità delle aree, per le variazioni di quota e di distanza dal mare e dalle basse pendici presilane, si presenta di tipo da subarido a subumido e da moderata a forte eccedenza idrica in inverno.

Alla stazione termopluviometrica di Crotona, posta a 5 m s.l.m. e prossima a 10 aree sperimentali delle 14 costituite ove è stata condotta la ricerca, i principali valori riferiti al periodo 1967-2001 (Regione Calabria, 2008) sono: temperatura media annua 17,0°, del mese più caldo 25,9° (agosto), del mese più freddo 9,1° (gennaio), escursione termica annua 16,8°; afflusso idrometeorico medio annuo 642 mm (in 59 giorni piovosi), massimo principale in autunno (294 mm) e secondario in inverno (215 mm), mese più piovoso ottobre (99 mm), meno piovoso giugno (7 mm).

Rispetto ai dati mensili e annuali registrati alla stazione nel periodo 1921-1966 (CIANCIO 1971) si è avuto: a) temperatura media annua diminuita di 0,6°, temperature del mese più caldo e più freddo inferiori rispettivamente di 0,4° e 0,8°, escursione termica annua aumentata di 0,4°; b) piovosità media annua



**Tavola 1** - Eucalitteti della fascia ionica crotonese. Localizzazione delle aree sperimentali.  
*Eucalyptus*-woods of the Ionia area of Crotona. Location of experimental plots.

diminuita di 48 mm, giorni piovosi ancora 59, piogge autunnali inferiori di 59 mm, precipitazioni invernali invariate.

Tra le due serie storiche - la seconda di 35 anni, la prima di 46 - le variazioni nei valori medi di temperatura e di piovosità rientrano nella normalità e non sembrano mostrare differenze tali da avere potuto influenzare, negli anni della ricerca, il potere di rinnovazione agamica delle due specie e la produttività legnosa dei popolamenti nei quattro cicli colturali.

Per la classificazione fitoclimatica del Pavari, la stazione di Crotona e, per estensione, i siti ove ricadono le aree sperimentali sono ascrivibili alla sottozona calda del *Lauretum*, secondo tipo. Per l'indice di aridità di De Martonne, la zona di Crotona presenta caratteri intermedi tra la regione steppica e quella della vegetazione forestale.

Dalla monografia divulgativa "I suoli della Calabria" (Aa.Vv. 2003), edita dall'ARSSA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura), le aree interessate ricadono nella Regione Suolo (*Soil Region*) 61.1 e nella Provincia Pedologica (*Soil Sub Region*) 6 [Ambiente collinare del versante ionico], caratterizzata da pendii moderatamente acclivi (6-20%), poste a quote inferiori a 300 m.

I bacini sono occupati prevalentemente da sedimenti a granulometria fine di colore variegato, spesso inglobanti blocchi marnosi smembrati (Argille caotiche mioceniche) cui si sovrappongono litologie plioceniche argilloso-sabbiose.

Su questi substrati si trovano suoli da moderatamente (50-100 cm) a poco profondi in relazione alla pendenza dei versanti, all'erosione superficiale in atto, alla pratica marginale del pascolo transumante, alla scarsa copertura vegetale. Suoli con scheletro da frequente ad abbondante, a tessitura da fine a media, a reazione da neutra a subacida, non calcarei, con riserva idrica elevata e drenaggio buono.

La predominanza della componente argillosa condiziona negativamente le proprietà fisiche dei terreni, il cui uso in agricoltura è ancora a seminativo non irriguo, oliveto, vigneto e agrumeto sui rilievi collinari pianeggianti, a pascolo ovino e per piantagioni forestali sui versanti interni caratterizzati da praterie di tipo xerofilo.

### **Materiali e metodi**

La ricerca è stata avviata nella primavera del 1974 in popolamenti di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii*

realizzati dall'OVS (Opera Valorizzazione Sila), oggi ARSSA, nei bacini idrografici Esaro, Fallao e Neto, ricadenti nella provincia di Crotona.

Negli impianti meglio affermati, di derivazione agamica e di età compresa tra 8 e 9 anni, sono state individuate e delimitate 14 aree di saggio temporanee: 8 di *E. occidentalis* nel comune di Crotona, 6 di *E. x trabutii* nei comuni di Crotona e Santa Severina.

Parcelle di forma quadrata e ampiezza varia (900 e 1089 m<sup>2</sup>), sottoposte entro l'estate dello stesso anno a taglio raso, senza rilascio di matricine, con conversione a ceduo semplice. Per la varietà delle condizioni, di soprassuolo e stazionali, le aree prescelte fornivano un quadro sufficientemente rappresentativo degli eucalitteti di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii* edificati nella fascia ionica crotonese.

Scopo iniziale della ricerca la verifica sperimentale, sin dai primi mesi del cambio di governo a ceduo, del potere di rinnovazione agamica delle due specie, soprattutto dell'*E. occidentalis*, sulla cui facoltà pollonifera erano state avanzate alcune riserve.

Subito dopo il taglio della fustaia, di ogni area è preparata una planimetria ove sono individuate e numerate tutte le ceppaie presenti, di ciascuna delle quali è rilevato a terra il diametro medio (media dei diametri ortogonali). Nel complesso vengono poste in osservazione 738 ceppaie di *E. occidentalis*, 448 di *E. x trabutii*.

Inizialmente e periodicamente in ogni parcella sono condotti rilievi sistematici sulla rinnovazione agamica delle due specie per accertare la mortalità delle ceppaie, il numero di polloni per ceppaia, il diametro, l'altezza e la stabilità, con distinzione tra proventizi e avventizi (AVOLIO E CIANCIO 1975).

Negli anni successivi si aprono in Calabria e Sicilia accesi dibattiti in merito all'opportunità di tenere ad alto fusto o utilizzare gli eucalitteti (CIANCIO *et al.* 1981, 1984; NOVACO 1984). Nella seconda alternativa colturale, se gestirli a ceduo semplice con turni brevi di 6-8 (10) anni e trattarli a taglio raso senza rilascio di matricine, anche su superfici di una certa estensione (1-1,5 ettari), per ottenere materiale da triturazione da destinare all'industria di trasformazione di Crotona (Cellulosa Calabria S.p.A.) per la produzione di paste semichimiche.

Per soddisfare questa ulteriore domanda di ricerca le aree delle due specie, da provvisorie che erano, vengono rese permanenti, recintate con paloni e fili di ferro (per preservarle anche dal pascolo) e adoperate

per scopi sperimentali aggiuntivi inerenti:

- lo studio della rinnovazione agamica dopo il primo ciclo;
- la verifica della facoltà pollonifera delle ceppaie;
- la valutazione del portamento dei polloni (riferito alla verticalità ideale degli stessi), compreso tra 90°-60° (fusti dritti), 60°-30° (inclinati), 30°-0° (suborizzontali);
- l'accertamento della produttività legnosa dei popolamenti.

In tali prospettive sottoposte alla fine della prima fase agamica (aprile 1984), della seconda (aprile 1993) e in attesa della terza (scaduta dall'aprile 2001), alle rilevazioni selvicolturali, alle misurazioni dendrometriche, alle utilizzazioni a raso.

Nel corso della ricerca, per il calcolo delle masse legnose nei quattro cicli colturali sono state costruite - cavallettando a terra per sezioni un sufficiente numero di piante e polloni modello individuati negli anni di ceduzione - e impiegate 6 tavole cormometriche locali di cubatura a una entrata (3 per l'*E. occidentalis* e 3 per l'*E. x trabutii*), di cui si riportano le equazioni delle curve stereometriche.

*E. occidentalis* – Fustaia

$$V = 0,005372 - 0,000008 D_{(1,30)} + 0,000370 D_{(1,30)}^2$$

*E. occidentalis* – Ceduo I

$$\text{Log}V = -3,682579600 + 2,306781359 \text{Log}D_{(1,30)}$$

*E. occidentalis* – Ceduo II

$$V = 0,001417 - 0,00164 D_{(1,30)} + 0,000613 D_{(1,30)}^2$$

*E. x trabutii* – Fustaia

$$V = 0,004021 - 0,002804 D_{(1,30)} + 0,000566 D_{(1,30)}^2$$

*E. x trabutii* – Ceduo I

$$\text{Log}V = -3,943446716 + 2,561331823 \text{Log}D_{(1,30)}$$

*E. x trabutii* – Ceduo II

$$V = 0,00433 - 0,00267 D_{(1,30)} + 0,00067 D_{(1,30)}^2$$

### Le aree sperimentali

Il soprassuolo ad alto fusto nel 1974

I popolamenti di *E. occidentalis* presi in esame al momento del taglio della fustaia (aprile 1974), avevano un'età di 8 anni, tranne uno che ne aveva 9 (Tabella 1 e Foto 1). I parametri biometrici delle 7 aree sperimentali di 8 anni si caratterizzavano mediamente per un diametro di 9,1 cm, un'altezza di 8,20 m, un numero di piante di 927 ha<sup>-1</sup>, un'area basimetrica di 5,95 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>, un volume cormometrico di 23,331 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> per un incremento medio di 2,916 m<sup>3</sup>. La distribuzione del numero di piante per classi diametriche è riportata in Figura 1.

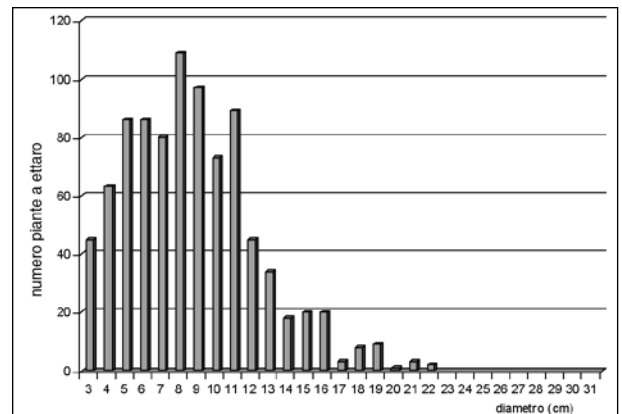
**Tabella 1** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. occidentalis* alla fine del ciclo gamico (aprile 1974).  
*E. occidentalis exp. plots. Summary of data at the end of the gamic cycle (april 1974).*

Parcelle	Località	P I A N T E						
		Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	lmv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )
B 1	Martorana	8	1019	9,1	8,22	6,6460	26,042	3,255
B 2	S. Marina	8	1065	10,1	8,68	8,4158	34,178	4,272
B 3	Timperosso	8	1102	8,4	7,86	5,9464	22,443	2,805
B 4	Covello	8	955	8,0	7,65	4,6994	17,456	2,182
B 5	S. Marina di C.	8	872	8,9	8,12	5,3478	20,661	2,583
B 6	Brasimato	8	644	9,3	8,31	4,3939	17,356	2,170
B 7	Brasimatello	8	833	9,9	8,59	6,2308	25,178	3,147
B 8	Martorana	9	856	11,1	9,11	7,6254	32,122	3,569

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm



**Foto 1** - Fustaia di *Eucalyptus occidentalis* prima del taglio (aprile 1974).  
*Eucalyptus occidentalis high-forest before the cutting (april 1974).*



**Figura 1** - Fustaia di *Eucalyptus occidentalis* di 8 anni d'età. Distribuzione del numero delle piante per classi di diametro.  
*8 years old Eucalyptus occidentalis high-forest. Tree distribution per dbh classes.*

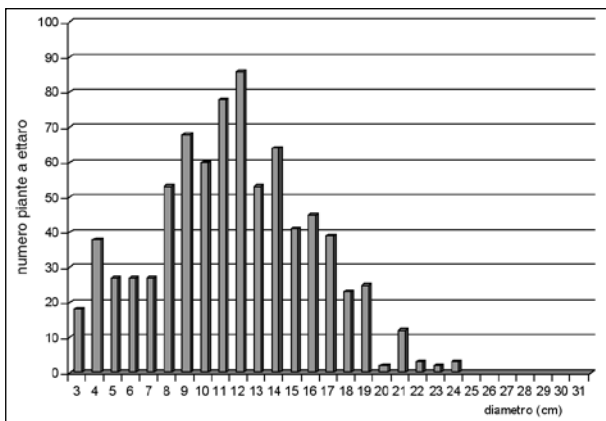
**Tabella 2** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. x trabutii* alla fine del ciclo gamico (aprile 1974).  
*E. x trabutii exp. plots. Summary of data at the end of the gamic cycle (april 1974).*

Parcelle	Località	P I A N T E						
		Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )
A 1	San Biagio	9	700	13,1	10,61	8,9501	44,800	4,978
A 2	San Biagio	9	778	12,6	10,34	9,3524	45,644	5,072
A 3	Cantorato	8	911	12,5	10,29	10,7006	52,778	6,597
A 4	Trinchetto	9	937	12,9	10,51	12,2721	60,174	6,686
A 5	Vallegrande	8	844	10,5	9,17	7,1532	32,789	4,039
A 6	Rapanà	8	733	12,5	10,29	8,6979	42,900	5,362

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm



**Foto 2** - Fustaia di *Eucalyptus x trabutii* prima del taglio (aprile 1974).  
*E. x trabutii high-forest before the cutting (april 1974).*



**Figura 2** - Fustaia di *Eucalyptus x trabutii* di 8 anni d'età. Distribuzione del numero delle piante per classi di diametro.  
*8 years old E. x trabutii high-forest. Tree distribution per dbh classes.*

Comparando i dati con quelli riportati da CIANCIO e HERMANIN (1976, *op. cit.*) nella tavola alsometrica dell'*E. occidentalis*, appositamente costruita per gli eucalitteti della Calabria, risulta che tutte le aree di 8 anni rientrano nei valori indicati per la seconda classe di fertilità: 7,45 m di altezza, 19,317 m<sup>3</sup> di volume, 8,4 cm di diametro; come anche quella di 9 anni, raffrontando i corrispettivi valori.

Le formazioni di *E. x trabutii* all'atto del taglio presentavano un'età di 8 e 9 anni (Tabella 2 e Foto 2). I parametri biometrici delle aree sperimentali, 3 di 8 anni e 3 di 9 anni, presentavano mediamente e rispettivamente diametri di 11,8 e 12,9 cm, altezze di 9,92 e 10,48 m, numero di piante di 829 e 805 ha<sup>-1</sup>, aree basimetriche di 8,85 e 10,19 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, volumi cormometrici di 42,822 e 50,206 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, incrementi medi annui di 5,333 e 5,579 m<sup>3</sup>. In Figura 2 è riportata la distribuzione del numero di piante per classi di diametro.

Dal raffronto dei dati con quelli della tavola dell'*E. x trabutii* degli stessi Autori, risulta che sia le aree di 8 anni sia quelle di 9 rientrano nei valori indicati per la prima classe di fertilità: 8,68 e 9,85 m di altezza, 31,688 e 43,394 m<sup>3</sup> di volume, 9,7 e 10,8 cm di diametro.

Per le due specie, studi specifici condotti nelle aree alla prima ceduzione da AVOLIO e CIANCIO (1976) hanno dimostrato che il turno da adottare nel ciclo gamico dei popolamenti non deve fare riferimento a quello della massima produzione legnosa, ma a quello che assicura, dopo il taglio raso, una rigogliosa e vigorosa rinnovazione agamica, a sua volta funzione diretta delle dimensioni delle ceppaie, tale da consentire, in prospettiva, la maggiore produttività del ceduo. Il diametro medio ottimale delle ceppaie è di cm 16, a cui corrisponde a m 1,30 da terra per l'*E. occidentalis* e l'*E. x trabutii*, rispettivamente, un diametro di 13 e 11 cm.

L'estemporanea coltivazione dei popolamenti (CIANCIO e NOCENTINI 2001) e i ritardi nell'utilizzazione (ARCIDIACO *et al.* 2001, *op. cit.*) possono pregiudicare anche la vita stessa, in particolare di quelli di *E. x trabutii*, per estesi attacchi del tarlo dell'eucalitto (*Phoracantha semipunctata*, Fabr.), coleottero carambicide presente da oltre 30 anni negli eucalitteti ancora ad alto fusto del crotonese e del reggino, ove provoca danni considerevoli nei soprassuoli in mediocri condizioni vegetative (CAVALCASELLE 1971, 1980).

*Il soprassuolo a ceduo di primo ciclo nel 1984*

Al momento del taglio del ceduo (aprile 1984)

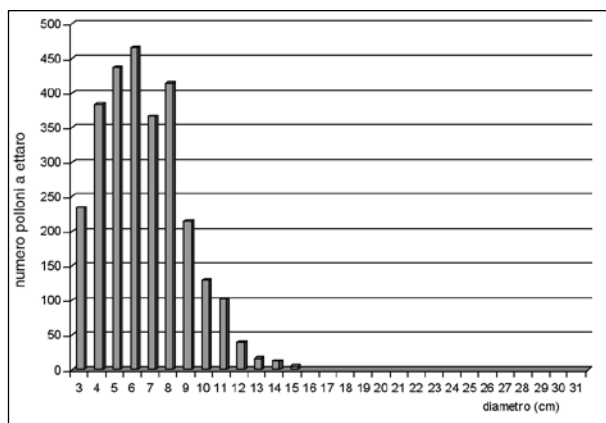
**Tabella 3** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. occidentalis* alla fine del I ciclo agamico (aprile 1984).  
*E. occidentalis exp. Plots. Summary of data at the end of the first gamic cycle (april 1984).*

Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	P O L L O N I						
				Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
B 1	Martorana	10	3866	5,5	7,54	8,9889	37,833	3,783	983	3,9
B 2	S. Marina	10	3352	6,9	8,72	12,5762	60,818	6,082	1028	3,2
B 3	Timperosso	10	2672	7,2	8,73	10,8325	52,360	5,236	1047	2,4
B 4	Covello	10	2571	7,4	8,42	11,1660	55,477	5,548	955	2,7
B 5	S. Marina di C.	10	2635	6,4	7,80	8,3987	37,989	3,799	854	3,1
B 6	Brasimato	10	2522	7,6	9,98	11,4025	55,833	5,583	644	3,9
B 7	Brasimatello	10	2400	8,3	9,73	12,7327	64,460	6,446	822	2,9
B 8	Martorana	10	2511	7,6	8,78	11,3259	56,878	5,688	833	3,1

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm



**Foto 3** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di I ciclo prima del taglio (aprile 1984).  
*Eucalyptus occidentalis coppice at the first cycle before the cutting (april 1984).*



**Figura 3** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di 10 anni d'età alla prima fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*10 years old Eucalyptus occidentalis coppice at the first gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

i popolamenti di *E. occidentalis* avevano un'età di 10 anni (Tabella 3 e Foto 3). I parametri biometrici delle aree si caratterizzavano mediamente a ettaro per 896 ceppaie e 2816 polloni; 10,93 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 52,706 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 5,271 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 7,1 cm per un'altezza media di 8,71 m; su ciascuna ceppaia insistevano in media 3,2 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quella della fase gamica, è risultata superiore del 80,7%. La distribuzione del numero di polloni per classi diametriche è riportata in Figura 3.

Confrontando i dati medi dendrometrici delle 8 aree con quelli di un popolamento ceduo di *E. occidentalis* di primo ciclo di 12 anni, posto in un vicino microbacino sperimentale esteso 1,4 ettari, oggetto di altra ricerca (CANTORE *et al.* 1994), si osserva che i soprassuoli, sebbene con 2 anni in meno, presentano valori superiori: numero polloni +79%, diametro medio + 8%, area basimetrica +114%, massa cormometrica +122%. Differenze da imputare alla migliore (seconda) classe di fertilità delle aree e alla maggiore e accorpata superficie del microbacino rispetto al totale delle singole parcelle.

Anche i popolamenti di *E. x trarutii* al momento della ceduzione avevano un'età di 10 anni (Tabella 4 e Foto 4). Nelle aree erano presenti mediamente a ettaro 769 ceppaie e 2128 polloni; 17,53 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 103,610 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 10,361 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 10,4 cm per un'altezza media di 10,82 m; su ogni ceppaia insistevano mediamente 2,8 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quello del ciclo gamico, è risultata superiore del 93,6%. In Figura 4 è riportata la distribuzione del numero di polloni per classi di diametro.

I polloni di entrambe le specie si sono dimostrati resistenti al tarlo dell'eucalitto.

**Tabella 4** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. x trautii* alla fine del I ciclo agamico (aprile 1984).  
*E. x trautii exp. Plots. Summary of data at the end of the first gamic cycle (april 1984).*

P O L L O N I										
Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
A 1	San Biagio	10	2211	11,9	12,01	24,5444	157,855	15,786	656	3,4
A 2	San Biagio	10	1889	9,5	10,18	13,3189	75,589	7,559	711	2,7
A 3	Cantorato	10	1978	11,3	11,56	19,7422	120,033	12,003	844	2,3
A 4	Trinchetto	10	3269	8,1	9,05	16,9926	85,362	8,536	937	3,5
A 5	Vallegrande	10	1711	10,4	10,87	14,6711	84,978	8,498	756	2,3
A 6	Rapanà	10	1711	10,9	11,25	15,9255	97,844	9,784	711	2,4

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm

#### Il soprassuolo a ceduo di secondo ciclo nel 1993

Con la seconda ceduazione (aprile 1993) i popolamenti di *E. occidentalis* avevano un'età di 9 anni (Tabella 5 e Foto 5). Le aree presentavano mediamente a ettaro 866 ceppaie e 4579 polloni; 10,71 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 52,612 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 5,846 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 5,4 cm per un'altezza media di 7,47 m; su ciascuna ceppaia insistevano in media 5,4 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quella di primo ciclo, è risultata superiore del 9,7%. La distribuzione del numero di polloni per classi diametriche è riportata in Figura 5.

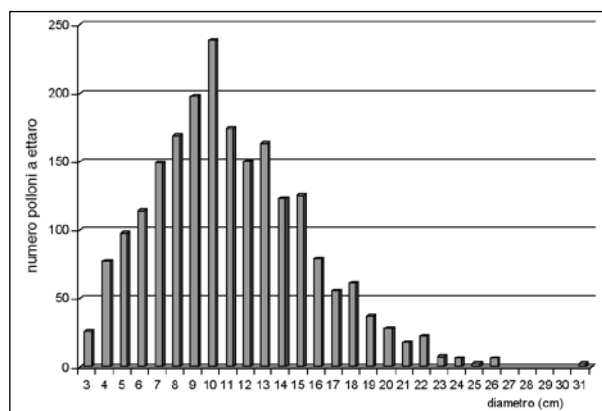
In alcune aree sperimentali poste in zone più umide, ha assunto aspetti decisamente invadenti la rinnovazione per polloni radicali, in aggiunta a quella normale caulinare. Il piano arboreo dei nuovi ributti, a chioma bassa e prostrata, copre il suolo da ceppaia a ceppaia a chiazze irregolari più o meno estese e crea difficoltà a penetrare e muoversi all'interno delle parcelle. Tutte le aree si caratterizzano per assenza di rinnovazione da seme, arborea e arbustiva.

I popolamenti di *E. x trautii* alla ceduazione avevano pure un'età di 9 anni (Tabella 6 e Foto 6). I parametri biometrici delle aree si caratterizzavano mediamente a ettaro per 748 ceppaie e 3738 polloni; 13,77 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 66,098 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 7,344 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 6,8 cm per un'altezza media di 8,39 m; su ogni ceppaia erano presenti mediamente 5,0 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quella di primo ciclo, è risultata inferiore del 29,1%. In Figura 6 è riportata la distribuzione del numero di polloni per classi di diametro.

In un'area del comune di S. Severina, nei primi anni dalla ceduazione, si è insediato alla base delle ceppaie e dei polloni uno strato arbustivo di specie tipiche



**Foto 4** - Ceduo di *Eucalyptus x trautii* di I ciclo prima del taglio (aprile 1984).  
*Eucalyptus x trautii coppice at the first cycle before the cutting (april 1984).*



**Figura 4** - Ceduo di *Eucalyptus x trautii* di 10 anni d'età alla prima fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*10 years old Eucalyptus x trautii coppice at the first gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

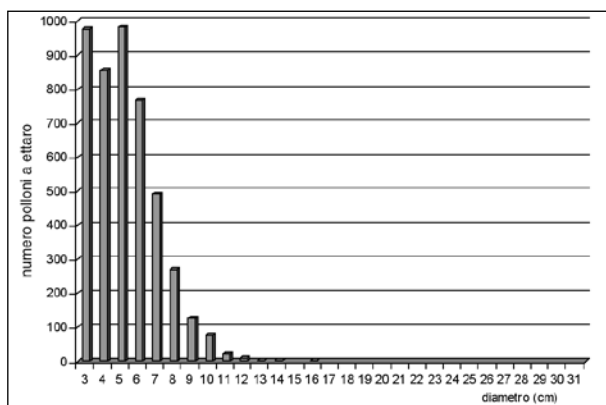
**Tabella 5** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. occidentalis* alla fine del II ciclo agamico (aprile 1993).  
*E. occidentalis exp. plots. Summary of data at the end of the second gamic cycle (april 1993).*

Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	P O L L O N I						
				Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
B 1	Martorana	9	5583	5,0	7,01	10,9375	49,660	5,518	964	5,8
B 2	S. Marina	9	4389	5,5	7,54	10,6060	50,854	5,650	946	4,6
B 3	Timperosso	9	4747	5,2	7,22	9,8080	45,390	5,043	1019	4,7
B 4	Covello	9	3838	5,5	7,54	8,9412	42,755	4,751	937	4,1
B 5	S. Marina di C.	9	3912	4,8	6,75	7,1515	31,405	3,489	826	4,7
B 6	Brasimato	9	4278	5,8	7,86	11,4755	57,184	6,354	622	6,9
B 7	Brasimatello	9	5267	5,9	7,97	14,3440	71,788	7,976	822	6,4
B 8	Martorana	9	4622	5,8	7,86	12,4122	71,859	7,984	789	5,9

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm



**Foto 5** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di II ciclo prima del taglio (aprile 1993).  
*Eucalyptus occidentalis coppice at the second cycle before the cutting (april 1993).*



**Figura 5** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di 9 anni d'età alla seconda fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*9 years old Eucalyptus occidentalis coppice at the second gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

della macchia mediterranea (lentisco, fillirea, mirto), che visivamente bene s'accompagna agli eucalitti dell'entroterra collinare.

#### *Il soprassuolo a ceduo di terzo ciclo nel 2001*

I popolamenti di *E. occidentalis* esaminati nell'aprile 2001 avevano un'età di 8 anni (Tabella 7 e Foto 7). I parametri biometrici delle aree si caratterizzavano in media a ettaro per 828 ceppaie e 5065 polloni; 10,59 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 49,423 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 6,178 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 5,1 cm per un'altezza media di 7,15 m; su ogni ceppaia erano presenti 6,2 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quella di secondo ciclo, è risultata superiore del 5,7%. La distribuzione del numero di polloni per classi diametriche è riportata in Figura 7.

Anche i popolamenti di *E. x trarutii* da sottoporre a ceduzione avevano un'età di 8 anni (Tabella 8 e Foto 8). Le aree presentavano mediamente a ettaro 716 ceppaie e 3508 polloni; 12,95 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> di area basimetrica, 68,137 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> di volume cormometrico, 8,517 m<sup>3</sup> di incremento medio; il diametro medio dei polloni era di 6,8 cm per un'altezza media di 8,39 m; su ciascuna ceppaia insistevano mediamente 5,0 polloni. La produttività del ceduo a 8 anni, rispetto a quella di secondo ciclo, è risultata superiore del 16,0%. In Figura 8 è riportata la distribuzione del numero di polloni per classi di diametro.

In due aree sperimentali di *E. x trarutii* da qualche anno è comparsa la rinnovazione per polloni radicali, con presenza di molti fusti giovani, curvati e a distribuzione disforme; da non confondere con piante da seme della specie, non ancora rinvenute all'interno delle parcelle.

Motivi tecnici ed economici non hanno consentito di eseguire nell'estate del 2001, nelle aree sperimen-



**Tabella 6** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. x trarbutii* alla fine del II ciclo agamico (aprile 1993).  
*E. x trarbutii exp. plots. Summary of data at the end of the second gamic cycle (april 1993).*

Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	P O L L O N I						
				Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
A 1	San Biagio	9	3789	8,4	9,77	20,9335	85,322	9,480	633	6,0
A 2	San Biagio	9	4156	6,8	8,40	15,2402	80,544	8,949	700	5,9
A 3	Cantorato	9	3122	7,5	9,02	13,7707	74,133	8,237	811	3,8
A 4	Trinchetto	9	5142	5,9	7,56	14,0881	65,913	7,324	918	5,6
A 5	Vallegrande	9	2811	6,4	8,03	9,1691	45,778	5,086	756	3,7
A 6	Rapanà	9	3411	5,9	7,56	9,4239	44,900	4,989	667	5,1

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm

tali di entrambe le specie, la ceduzione a raso dei polloni per gli accertamenti sul popolamento ceduo di quarto ciclo.

All'esterno delle aree, la copertura arborea colma e uniforme dei popolamenti ancora ad alto fusto e di quella giovane e disomogenea dei cedui di primo ciclo, aggravata dalla lentezza nella degradazione della sostanza organica (foglie e capsule in particolare) propria di entrambe le specie, incidono negativamente sull'insediamento e sullo sviluppo della vegetazione arbustiva e precludono a quella arborea qualunque possibilità.

Lo stato di salute dei polloni e delle piante da seme è buono, con assenza nei soprassuoli di avversità biotiche, soprattutto dell'eulofide galligeno fogliare (*Ophelimus eucalypti* Gahan) segnalato in altre regioni meridionali (VIGGIANI e NICOTINA 2001; BELLA e LO VERDE 2002; BAGNOLI e ROVERSI 2003).

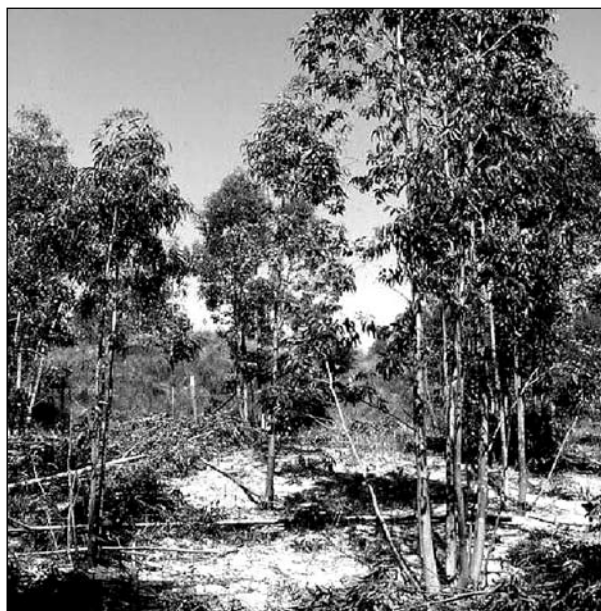
## Analisi dei dati

### Confronto dei valori dendroauxometrici nei cicli colturali dell'*E. occidentalis*

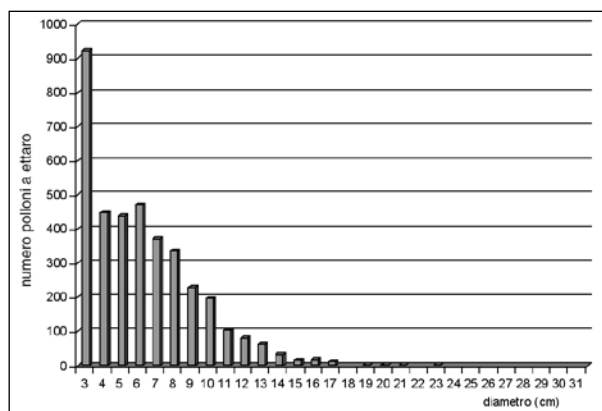
Numero piante, numero ceppaie, mortalità

Negli anni 1965-66 l'impianto degli eucalitti ove ricadono le aree sperimentali venne eseguito con una densità teorica di 1111 piante a ettaro. A conclusione della fase gamica (aprile 1974) le piante risultarono in media 918, con una mortalità - anch'essa teorica - di 193 (17,4%).

Alla fine del primo ciclo agamico (aprile 1984), del secondo (aprile 1993) e del terzo (aprile 2001) le ceppaie a ettaro sopravvissute furono rispettivamente 896, 866 e 828, con una mortalità esigua del 2,4, 3,3 e 4,6%. La mortalità teorica complessiva è di 283 ceppaie, pari al 25,5% delle piante messe a dimora



**Foto 6** - Ceduo di *Eucalyptus x trarbutii* di II ciclo nella fase di taglio (aprile 1993).  
*Eucalyptus x trarbutii coppice at the second cycle during the cutting (april 1993).*

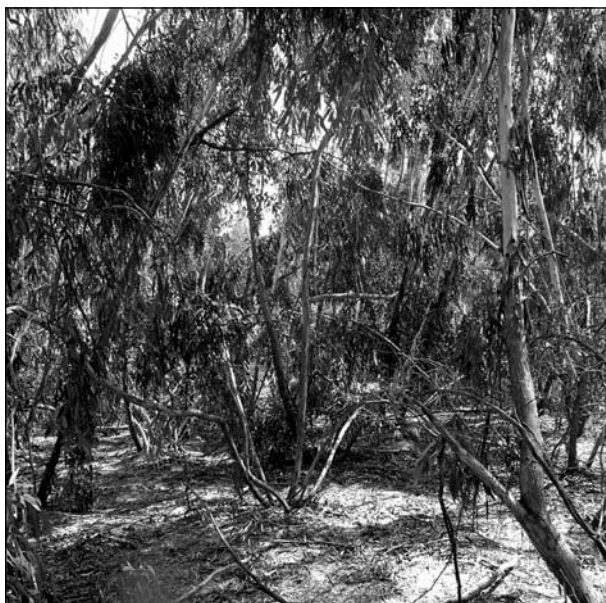


**Figura 6** - Ceduo di *Eucalyptus x trarbutii* di 9 anni d'età alla seconda fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*9 years old Eucalyptus x trarbutii coppice at the second gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

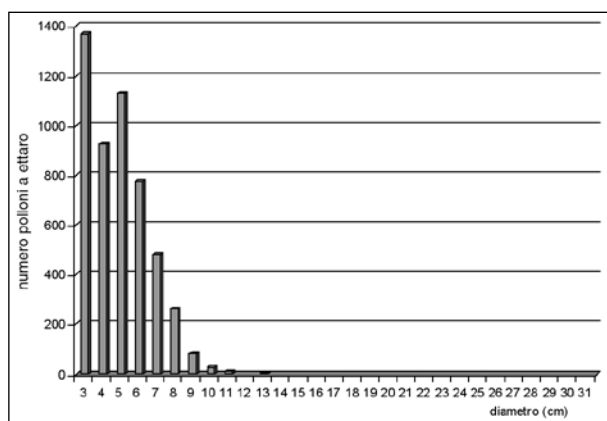
**Tabella 7** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. occidentalis* relativi al III ciclo agamico (aprile 2001).  
*E. occidentalis exp. plots. Summary of data at the end of the third gamic cycle (april 2001).*

P O L L O N I										
Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
B 1	Martorana	8	5822	4,8	6,75	10,5574	47,484	5,934	872	6,7
B 2	S. Marina	8	4830	5,0	7,01	9,6570	44,885	5,611	909	5,3
B 3	Timperosso	8	4922	4,9	6,88	9,2870	41,827	5,228	1001	4,9
B 4	Covello	8	4674	5,1	7,12	9,7082	45,124	5,640	927	5,0
B 5	S. Marina di C.	8	4986	5,2	7,22	10,7886	50,578	6,322	817	6,1
B 6	Brasimato	8	4244	5,3	7,33	9,1911	43,233	5,404	611	6,9
B 7	Brasimatello	8	5378	5,5	7,54	12,9530	62,544	7,818	767	7,0
B 8	Martorana	8	5667	5,3	7,33	12,5821	59,711	7,464	722	7,8

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm



**Foto 7** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di III ciclo prima del taglio (aprile 2001).  
*Eucalyptus occidentalis coppice at the third cycle before the cutting (april 2001).*



**Figura 7** - Ceduo di *Eucalyptus occidentalis* di 8 anni d'età alla terza fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*8 years old Eucalyptus occidentalis coppice at the third gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

all'impianto; quella dei tre cicli agamici di 90 ceppaie, corrispondente al 9,8% delle piante vive nel 1974 al taglio della fustaia.

#### Numero e portamento polloni

Dopo la conversione a ceduo, nelle aree sono stati contati a ettaro mediamente 2816 polloni nel 1984, 4579 nel 1993 e 5065 nel 2001, con un aumento del numero di polloni del 62,6% nel secondo ciclo rispetto al primo, del 10,6% nel terzo rispetto al secondo.

Per lo studio del portamento, eseguito nel 2001 su 3973 polloni, il 69,7% di questi rientra nella prima classe (fusti verticali), il 15,5% nella seconda (inclinati), il 14,8% nella terza (suborizzontali).

#### Facoltà pollonifera

Il numero di polloni per ceppaia è risultato in media 3,2 nel 1984, 5,4 nel 1993 e 6,2 nel 2001, con un aumento della facoltà pollonifera del 68,7% tra il secondo e il primo ciclo, del 14,8% tra il terzo e il secondo.

#### Diametro medio e altezza media

Il diametro medio delle piante (media del diametro medio accertato nelle 8 aree) al termine della fase gamica era 9,3 cm. Quello dei polloni alla fine del primo-secondo-terzo ciclo misurava rispettivamente 7,1-5,4-5,1 cm, con variazione negativa del 24,1-23,9-5,6% rispetto ai valori accertati nelle corrispondenti fasi precedenti.

L'altezza media delle piante al termine della fase gamica era 8,32 m. Quella dei polloni al termine del primo ciclo aumenta del 4,7% raggiungendo 8,71 m, alla fine del secondo diminuisce del 14,2% arrivando a 7,47 m, dopo il terzo si riduce ulteriormente del 4,3%, toccando 7,15 m.

#### Area basimetrica, produzione e incremento di volume

L'area basimetrica del soprassuolo gamico nelle

**Tabella 8** - Parametri dendroauxometrici delle parcelle di *E. x trarutii* relativi al III ciclo agamico (aprile 2001).  
*E. x trarutii exp. plots. Summary of data at the end of the third gamic cycle (april 2001).*

Parcelle	Località	Età (anni)	N ha <sup>-1</sup>	P O L L O N I						
				Dm* (cm)	Hm (m)	G ha <sup>-1</sup> (m <sup>2</sup> )	V ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	Imv ha <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	NC ha <sup>-1</sup> (vive)	NP/NC
A 1	San Biagio	8	4033	8,3	9,69	21,5749	123,111	15,389	611	6,6
A 2	San Biagio	8	3678	7,1	8,68	14,4025	77,022	9,628	667	5,5
A 3	Cantorato	8	2911	7,3	8,85	12,0044	64,589	8,074	811	3,6
A 4	Trinchetto	8	4050	5,6	7,26	10,1049	46,611	5,826	909	4,5
A 5	Vallegrande	8	3222	6,4	8,03	10,2146	50,678	6,335	722	4,5
A 6	Rapanà	8	3156	6,2	7,85	9,3899	46,811	5,851	578	5,5

\* Fusti D<sub>(1,30)</sub> > 2 cm

8 aree era in media 6,16 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Alla fine del primo ciclo agamico aumenta del 77,4%, passando a 10,93 m<sup>2</sup>; al termine del secondo e terzo ciclo rimane quasi stazionaria, portandosi rispettivamente a 10,71 e 10,59 m<sup>2</sup>, però con 1 e 2 anni in meno rispetto alla durata del primo ciclo agamico.

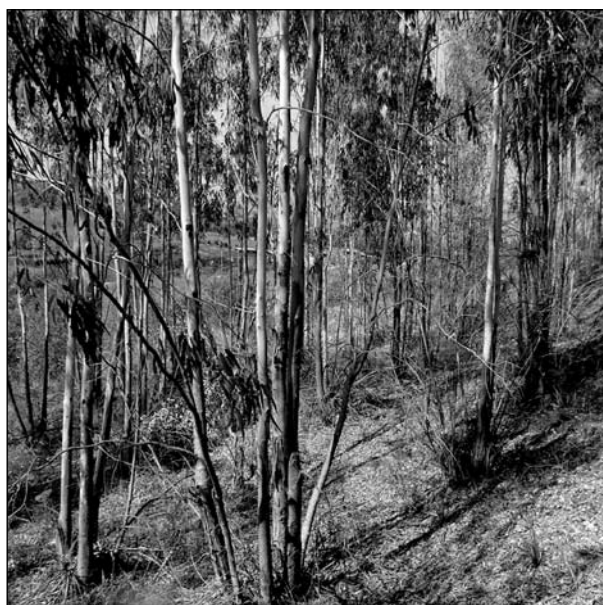
La produzione legnosa al termine della fase gamica (1974, fustaia di 8 anni in 7 aree su 8) è stata mediamente di 24,430 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, per un incremento medio di volume pari a 2,998 m<sup>3</sup>. Alla fine del primo ciclo agamico (1984, ceduo di 10 anni) la produzione è di 52,706 m<sup>3</sup>, corrispondente ad un incremento medio di 5,271 m<sup>3</sup>; nel ciclo, rispetto alla fase gamica, si è avuto globalmente un aumento di produzione del 115,7%, realizzato però con quasi due anni in più di vegetazione. Nel secondo ciclo agamico (1993, ceduo di 9 anni) si è avuta una produzione di 52,612 m<sup>3</sup>, per un incremento medio di 5,846 m<sup>3</sup> (+10,9%). Nel terzo ciclo (2001, ceduo di 8 anni) la produzione ottenuta è stata di 49,423 m<sup>3</sup>, per un incremento medio di 6,178 m<sup>3</sup> (+5,7%).

La produzione totale riferita ai quattro cicli colturali, uno gamico e tre agamici, della durata complessiva di 35 anni (8-10-9-8), è risultata in media di 179,171 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, per un incremento medio di 5,119 m<sup>3</sup>. In 8 anni dei tre cicli agamici è stata mediamente di 45,849 m<sup>3</sup>, superiore del 87,7% a quella accertata nella fase gamica.

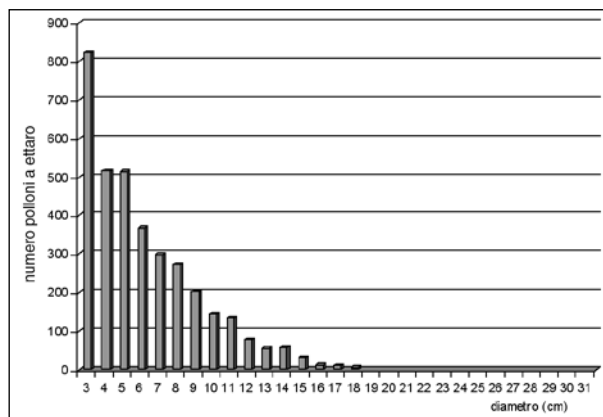
#### Valutazione complessiva

Nei popolamenti, l'esame dei dati salienti relativi ai parametri biometrici consente di osservare che:

- il potere di rinnovazione agamica (numero polloni a ettaro e facoltà pollonifera) dell'*E. occidentalis*, alla fine del terzo ciclo agamico, è ancora in fase di crescita, sebbene con valori assoluti e percentuali sensibilmente decrescenti;
- passando dalla fase gamica ai cicli agamici, i diametri dei fusti si riducono fortemente (anche



**Foto 8** - Ceduo di *Eucalyptus x trarutii* di III ciclo prima del taglio (aprile 2001).  
*Eucalyptus x trarutii coppice at the third cycle before the cutting (april 2001).*



**Figura 8** - Ceduo di *Eucalyptus x trarutii* di 8 anni d'età alla terza fase agamica. Distribuzione del numero dei polloni per classi di diametro.  
*8 years old Eucalyptus x trarutii coppice at the third gamic phase. Coppice-shoots distribution per dbh classes.*

del 45%) dopo le prime due ceduzioni; anche le altezze presentano valori inferiori, ma di minore entità (15-20%);

- le produzioni legnose al taglio della fustaia sono relativamente basse, ma notevolmente aumentate al termine del primo ciclo agamico; nel secondo e terzo si mantengono ancora su valori crescenti, ma di modesta entità.

### **Confronto dei valori dendroauxometrici nei cicli culturali dell'*E. x trabutii***

*Numero piante, numero ceppaie, mortalità*

Le aree sperimentali ricadenti negli impianti realizzati negli anni 1965-66 presentavano anch'esse una densità teorica di 1111 piante a ettaro. Nell'aprile del 1974, alla fine della fase gamica, le piante si ridussero mediamente a 817, con una mortalità, anch'essa teorica, di 294 (26,5%).

Alla fine del primo, secondo e terzo ciclo agamico, le ceppaie a ettaro sopravvissute risultarono in media e rispettivamente 769, 748 e 716, con una mortalità del 5,9, 2,7 e 4,3%. La mortalità teorica complessiva è di 395 (35,6% delle piante messe a dimora all'impianto); quella dei tre cicli agamici di 101 ceppaie (12,4% delle piante vive nel 1974 al taglio della fustaia).

*Numero e portamento polloni*

Dopo il taglio della fustaia, nel popolamento ceduo di primo, secondo e terzo ciclo sono stati contati, mediamente e rispettivamente, 2128, 3738 e 3508 polloni a ettaro, con un aumento del numero di polloni del 75,7% nel secondo ciclo rispetto al primo e una diminuzione del 6,2% nel terzo rispetto al secondo.

Per il portamento dei polloni, eseguito nel 2001 su 1969 ributti vegetativi di terzo ciclo, il 98,3% dei fusti esaminati rientra nella prima classe (verticali), l'1,0% nella seconda (inclinati), il restante 0,7% nella terza (suborizzontali).

*Facoltà pollonifera*

Il numero di polloni per ceppaia è in media 2,8 nel 1984, 5,0 nel 1993 e 5,0 nel 2001, con un aumento medio della facoltà pollonifera di 2,2 unità (78,6%) tra il secondo e il primo ciclo, nessuna variazione tra il terzo e il secondo.

*Diametro medio e altezza media*

Il diametro medio (media del diametro medio accertato nelle 6 aree) delle piante alla fine della fase gamica era 12,4 cm. Quello dei polloni dopo il primo

ciclo agamico risultò 10,4 cm, con variazione -16,1% rispetto al valore del ciclo culturale precedente; alla fine del secondo si ridusse a 6,8 cm, diminuendo del 34,6% rispetto al primo; dopo il terzo risultò ancora 6,8 cm, senza variazione di valore rispetto al secondo.

Nelle aree l'altezza media delle piante al termine della fase gamica era 10,20 m. Quella dei polloni dopo il primo ciclo agamico 10,82 m, con un aumento del 6,1% rispetto al valore accertato nella fase gamica; quella riscontrata alla fine del secondo 8,39 m, con una riduzione del 22,5%; dopo il terzo il relativo valore, correlato a quello del diametro medio risultato invariato, è ancora 8,39 m.

*Area basimetrica, produzione e incremento di volume*

L'area basimetrica del soprassuolo gamico era 9,52 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>. Al primo ciclo agamico aumenta del 84,1%, passando a 17,53 m<sup>2</sup>; al secondo ciclo e terzo ciclo presenta valori inferiori, rispettivamente 13,77 m<sup>2</sup> e 12,95 m<sup>2</sup>, con riduzione del 21,4 e 6,0%; va però tenuto conto di 1 e 2 anni in meno rispetto alla durata del primo ciclo.

La produzione legnosa alla fine del ciclo gamico (1974, fustaia di 8 e 9 anni) è stata mediamente di 46,514 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, con un incremento medio annuo di 5,456 m<sup>3</sup>. Alla fine del primo ciclo agamico (1984, ceduo di 10 anni) si è ottenuta una produzione media di 103,610 m<sup>3</sup>, con un incremento medio di 10,361 m<sup>3</sup>; nel ciclo, con 2 anni in più rispetto a quello gamico, si è avuto un incremento di massa del 122,8% e un aumento dell'incremento medio del 89,9%. Nel secondo ciclo (1993, ceduo di 9 anni), con 1 anno in meno rispetto al primo, la massa prodotta è di 66,098 m<sup>3</sup> (-36,2%), per un incremento medio di 7,344 m<sup>3</sup> (-29,1%). Nel terzo ciclo (2001, ceduo di 8 anni), con 1 anno in meno rispetto al secondo, la massa prodotta è di 68,137 m<sup>3</sup> (+3,1%), pari ad un incremento medio di 8,517 m<sup>3</sup>/ (+16,0%).

La produzione totale nei 35 anni dei quattro cicli culturali è risultata mediamente di 284,359 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> per un incremento medio di 8,125 m<sup>3</sup>; quella media in 8 anni dei tre cicli agamici di 70,473 m<sup>3</sup>, superiore di 23,959 m<sup>3</sup> (51,5%) a quella accertata nella fase gamica.

*Valutazione complessiva*

Per i soprassuoli indagati, dall'esame dei dati salienti relativi ai parametri biometrici si rileva che:

- il potere di rinnovazione agamica dell'*E. x trabutii*, alla fine del terzo ciclo, è in fase di stasi o di leggera decrescita;

- nei polloni la riduzione massima nei valori di diametro si ha tra il primo e il secondo ciclo, per poi stabilizzarsi nel terzo;
- rispetto alla fase gamica, il massimo di aumento della produzione legnosa si ha alla fine del primo ciclo agamico, per poi decrescere sensibilmente nel secondo e aumentare leggermente (in controtendenza) nel terzo.

### **Confronto fra le specie**

L'analisi e la comparazione dei dati medi riscontrati nei quattro cicli colturali di entrambe le specie consentono talune valutazioni.

**Mortalità** - E' stata riscontrata in tutte le aree, soprattutto nell'attecchimento delle piante messe a dimora (1966), ma anche alla fine della fase sperimentale gamica (1974) e, in misura minore, nella sopravvivenza delle ceppaie al termine dei cicli agamici (1984, 1993, 2001); con valori più alti e statisticamente significativa per l'*E. x trabutii* rispetto all'*E. occidentalis*, sia nella fase gamica (26,5% contro 17,4%) che nell'insieme dei tre cicli agamici (12,4% a fronte di 9,8%).

**Parcelle ad alto fusto** - In quelle di *E. x trabutii* i valori medi di diametro, altezza, area basimetrica, volume cormometrico e incremento medio di volume risultano, a parità di anni (8), superiori e significativi di quelli accertati nelle aree di *E. occidentalis*; in punti percentuali, rispettivamente, 31,9 - 22,6 - 54,5 - 90,4 - 82,0.

**Rinnovazione agamica** - Per la sua spiccata capacità di ributto vegetativo è l'*E. occidentalis* a presentare, alla fine di ogni ciclo, rispetto all'*E. x trabutii*, un numero medio di polloni a ettaro significativamente superiore; entità che oscilla dal +32,3% del primo ciclo (10 anni) al +44,4% del terzo (8 anni).

**Facoltà pollonifera** - Nei tre cicli agamici è l'*E. occidentalis* che, rispetto all'*E. x trabutii*, presenta mediamente e in modo significativo un maggiore numero di polloni per ceppaia: 3,2 (a 10 anni), 5,4 (9 anni), 6,2 (8 anni) a fronte di 2,8 - 5,0 - 5,0.

**Portamento polloni** - Gli accertamenti eseguiti alla scadenza del terzo ciclo agamico confermano, viceversa, la migliore attitudine, con relativa significatività dei valori messi a confronto, dei polloni di *E. x trabutii* rispetto a quelli di *E. occidentalis*: 98,3% di fusti di prima classe a fronte del 69,7%. Probabilmente la maggiore verticalità dei polloni dell'*E. x trabutii* è da imputare alla superiore dominanza apicale della specie.

**Diametro e altezza polloni** - Per il diametro medio

dei polloni, nei popolamenti di *E. x trabutii* si riscontrano mediamente valori più alti rispetto a quelli dell'*E. occidentalis*: differenze che oscillano dal +46,5% del primo ciclo al +33,3% del terzo; anche l'altezza media dei polloni presenta misure maggiori: dal +24,2% del primo ciclo al +17,3% del terzo.

**Rapporto ipsodiametrico** - Complessivamente, all'età di 8 anni, le variazioni congiunte di diametro medio e di altezza media dei popolamenti delle due specie, nel ciclo gamico e nelle fasi agamiche successive, confermano: a) per entrambe le specie il superiore rapporto ipsodiametrico dei polloni rispetto a quello delle piante da seme (in media 1,33 e 0,89 per l'*E. occidentalis*, 1,16 e 0,83 per l'*E. x trabutii*), per cui i primi, a parità di diametro, risultano maggiormente esposti a danni meteorici; b) per l'*E. x trabutii* le riconosciute maggiori dimensioni dei polloni, che in altezza, sin dal primo ciclo agamico, superano le piante di *E. occidentalis*.

**Area basimetrica e volume** - Nei singoli cicli agamici la produzione accertata in area basimetrica e volume supera, a parità di anni, quella riscontrata nella fase gamica. Fra le due specie l'*E. x trabutii*, sia nel governo ad alto fusto che in quello a ceduo, ha espresso in area basimetrica e massa cormometrica una maggiore e significativa dotazione: nella fase gamica, rispettivamente, del 32,3 e 90,4%; nel primo ciclo agamico del 37,7 e 96,6%; nel secondo del 22,2 e 25,6%; nel terzo del 18,2 e 37,9%.

**Produzione legnosa totale** - Nei quattro cicli colturali (periodo 1966-2001), l'*E. x trabutii* (284,359 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>), rispetto all'*E. occidentalis* (179,171 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>), ha prodotto un volume cormometrico superiore del 58,7%, con un incremento medio di 8,125 m<sup>3</sup>, a fronte di 5,119 m<sup>3</sup>; conformemente alla riconosciuta maggiore produttività della specie, ma anche al fatto che nella messa a dimora delle piante, ove sono state costituite poi le aree sperimentali, quelle di *E. x trabutii* ricadevano nella prima classe di fertilità, quelle di *E. occidentalis* nella seconda.

## **Conclusioni**

Nella fascia ionica crotonese le piantagioni di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii*, pur garantendo nei primi tre cicli agamici una bassa mortalità delle ceppaie, una discreta capacità di rinnovazione e una buona facoltà pollonifera, hanno espresso solo parzialmente le loro potenzialità produttive.

Le masse cormometriche relativamente basse ottenute, in particolare quelle della fase gamica, vanno rapportate all'età dei popolamenti e all'ambiente oggettivamente difficile ove sono stati effettuati gli impianti, caratterizzato da terreni agricoli abbandonati perché fortemente degradati e/o marginali.

Fra le due specie, la mortalità riscontrata nell'*E. x trabutii* è più alta di quella dell'*E. occidentalis*, sia nella fase gamica che nell'insieme dei cicli agamici. Per il portamento dei polloni, i fusti di prima classe (verticali) sono una prerogativa dell'*E. x trabutii*. Anche le dimensioni medie di diametro e altezza, a parità di anni, risultano maggiori nei popolamenti di *E. x trabutii*. Viceversa l'*E. occidentalis* si dimostra superiore all'*E. x trabutii*, per capacità di rinnovazione agamica e facoltà pollonifera.

Il rapporto ipsodiametrico, nei quattro cicli culturali, è maggiore nell'*E. occidentalis*, i cui fusti presentano minore stabilità fisica; quello dei polloni, in entrambe le specie, si mantiene elevato, per cui i fusti agamici risultano a maggiore rischio di danni meteorici rispetto alle piante da seme.

La rinnovazione risulta esclusivamente agamica. In alcune aree sperimentali, dal secondo ciclo per l'*E. occidentalis*, dal terzo per l'*E. x trabutii*, sono comparsi polloni radicali, a carattere invasivo e a chiome basse e prostrate, che coprono a chiazze irregolari da ceppaia a ceppaia i vuoti. In una di *E. x trabutii* è presente rinnovazione naturale di specie arbustive peculiari della macchia mediterranea

Le masse cormometriche prodotte in 35 anni dall'*E. x trabutii* sono sensibilmente superiori a quelle dell'*E. occidentalis*; a conferma della sua riconosciuta maggiore produttività, ma anche per l'ubicazione dei popolamenti in stazioni del crotonese più fertili e su suoli meno superficiali.

Nei popolamenti delle due specie, la produzione legnosa media dei singoli cicli agamici, a parità di anni, è maggiore di quella accertata nell'alto fusto. Nel ceduo di terzo ciclo, rispetto al secondo, ancora in fase di leggera crescita.

Tenuto conto delle consistenti produzioni legnose ritraibili dai soprassuoli ancora ad alto fusto, ma soprattutto di quelle che insistono nei cedui di primo ciclo, estesi su alcune migliaia di ettari, è lecito prospettare nel volgere di pochi anni per gli eucalitteti del crotonese la conversione della fustaia e il protrarsi del mantenimento del governo a ceduo semplice, con trattamento a taglio raso ogni 8-12 anni, secondo la specie,

le condizioni stazionali e le provvigioni presenti.

Indirizzi operativi da sollecitare e attuare, con asportazione ciclica della produzione legnosa che, per le capacità di assorbimento in ambito locale, sia come legna da ardere sia come biomassa lignocellulosica da trasformare in energia elettrica, risulta di facile collocazione.

## Ringraziamenti

L'Autore esprime particolare gratitudine ai tecnici Tommaso Aloe e Giuseppe Iannuzzi, agli ausiliari Carlo Di Marco e Giuseppe Mauro, agli operai agricoli Gino Scarpelli ed Enzo Calabrese del CRA-SAM per la diligenza manifestata e l'impegno profuso nella conduzione dei rilievi in bosco.

## Bibliografia citata

- AA.VV., 2003 – *I suoli della Calabria*. Programma Interregionale Agricoltura-Qualità, Misura 5. ARSSA - Servizio Agropedologia: 1-387.
- AGOSTINI R., 1953 – *Cenni storici sulla introduzione degli eucalitti in Italia*. L'Italia Forestale e Montana, (3): 117-122.
- ANDREUCCETTI E., 1953 – *La coltura degli eucalitti nella Sicilia centrale*. Monti e Boschi, n. 10: 446-454.
- ARCIDIACO L., CIANCIO O., GARFI V., IOVINO F., MENDICINO V., MENGUZZATO G., 2001 – *Eucalyptus trees on the Ionic Coast of Calabria: the Crotona district*. Proceedings of the International Conference "Eucalyptus in the Mediterranean basin: perspectives and new utilization". Centro Promozione Pubblicità, Firenze: 147-156.
- AVOLIO S., 1992 – *La gestione dei rimboschimenti problema principe della selvicoltura calabrese*. Periodico speciale "Calabria Verde" edito dall'ESAC, n. 5: 53-65.
- AVOLIO S., 2008 – *Produzione di biomassa lignocellulosica a fini energetici da eucalitteti cedui calabresi*. Atti in stampa "Incontro Agroenergie nel CRA: attività in essere e strategie di sviluppo". Bologna, 4-5 settembre.
- AVOLIO S., CIANCIO O., 1975 – *Osservazioni sulla rinnovazione agamica di Eucalyptus x trabutii e di Eucalyptus occidentalis*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol. VI: 123-147, Arezzo.
- AVOLIO S., CIANCIO O., 1976 – *Osservazioni sul campo d'applicazione della relazione tra diametro alla base e diametro a petto d'uomo, in popolamenti di Eucalyptus x trabutii e Eucalyptus occidentalis. Tavole cormometriche a una sola entrata*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol. VII: 28-42, Arezzo.
- BAGNOLI B., ROVERSI P.F., 2003 – *Annotazioni morfologiche e biologiche su un Eulofide di recente introduzione in Italia galligeno fagiario in eucalipto*. Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia. Catania 10-15 giugno 2002: 955-960.

- BASSI V., 1951 – *La coltura dell'eucalitto nel tavoliere di Puglia*. Monti e Boschi, n. 11-12: 445-457.
- BASSI V., 1956 – *Osservazioni e considerazioni sulla coltura dell'eucalitto in alcune zone dell'Italia Meridionale*. Monti e Boschi, n. 10: 445-457.
- BELLA S., LO VERDE G., 2002 – *Presenza nell'Italia Continentale e in Sicilia di Ophelimus prope eucalipti (Gahan) e Aprostocetus sp., galligeni degli eucalitti* (Hymenoptera Eulophidae). Naturalista Sicil., S. IV, XXVI (3-4): 191-197.
- CANTORE V., IOVINO F., PUGLISI S., 1994 – *Influenza della forma di governo sui defussi liquidi e solidi in piantagioni di eucalitti*. L'Italia Forestale e Montana, n. 5: 463-477, Firenze.
- CAVALCASELLE B., 1971 – *Il tarlo dell'eucalitto* (Phoracantha semipunctata Fabr.). Biologia e mezzi di lotta. Cellulosa e Carta, 4: 17-22, Roma.
- CAVALCASELLE B., 1980 – *Osservazioni sulla diffusione di Phoracantha semipunctata Fabr. in Sardegna, Sicilia e nell'Italia centro-meridionale*. Atti XII Congr. Naz. Ital. Entomol., Vol. II: 455-464, Roma.
- CIANCIO O., 1971 – *Sul clima e sulla distribuzione altimetrica della vegetazione forestale in Calabria*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol. II: 321-372, Arezzo.
- CIANCIO O., HERMANIN DE REICHENFELD L., 1976 – *Gli eucalitteti della Calabria. Tavole alsometriche dell'Eucalyptus occidentalis e dell'E. x trabutii*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol. VII: 67-107, Arezzo.
- CIANCIO O., GEMIGNANI G., 1979 – *Gli eucalitteti in Italia*. Agricoltura e Ricerca, (2-3): 38-45.
- CIANCIO O., IOVINO F., MAETZKE F., MENGUZZATO G., 1981 – *Gli eucalitti in Sicilia: problemi tecnici ed economici*. Quaderni forestali INSUD, n. 3 - pp. 157, Roma.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., 1984 – *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Vol. XII-XIII (1981-82): 512-567, Arezzo.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2001 – *Eucalyptus in Italy: cultivation and management*. Proceedings of the International Conference "Eucalyptus in the Mediterranean basin: perspectives and new utilization". Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per l'Agroselvicoltura. Taormina-Crotone, Italy, October 15-19, 2000: 75-79.
- DE PHILIPPIS A., 1962 – *Gli eucalitteti*. Monti e Boschi, 13: 616-628.
- DE PHILIPPIS A., 1967 – *Vecchie e nuove specie di Eucalyptus per l'Italia meridionale*. Atti Giornata Nazionale Eucalitto, Fiera del Mediterraneo, Palermo.
- GIORDANO E., 1964 – *Alcuni notevoli aspetti della coltura degli eucalitti*. Atti della prima giornata italiana per l'Eucalitto. Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta. Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, Roma.
- GOES E., 1977 – *Os Eucaliptos (Ecologia, Cultura, Producoes e Rentabilidade)*, . Portucel - Empresa de Celulose e Papel de Portugal, E.P. Centro de Producao Florestal: 1-367.
- GOES E., 1991 – *A floresta portuguesa - sua importância e descrição das espécies de maior interesse: considerações gerais sobre a cultura dos eucaliptos*.
- HERMANIN L., 1975 – *Piano di assestamento degli eucalitteti del versante ionico per il periodo 1975-84*. Cassa per il Mezzogiorno-Consorti di Bonifica Raggruppati della Provincia di Reggio Calabria.
- MAIOLO G.G., 1984 – *Gli eucalitteti in Calabria*. L'Italia Forestale e Montana, XXXIX (2-3): 95-119, Firenze.
- MAIOLO G.G., 1993 – *Il patrimonio forestale della Calabria ed il contributo dell'ESAC nel processo di conservazione del suolo ed impiego dei lavoratori forestali*. Periodico speciale "Calabria Verde" edito dall'ESAC, n. 6.
- MENDICINO V., 1996 – *Ricerche sperimentali sulla produttività degli eucalitteti in Calabria*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Firenze: 1-70.
- MENDICINO V., 2001 – *La gestione degli eucalitteti in Calabria. Un caso di studio: gli eucalitteti nel crotonese*. Tesi di Dottorato, Università della Tuscia: 1-80.
- MENDICINO V., MENGUZZATO G., NOCETTI M., TABACCHI G., 2007 – *Entità e distribuzione di elementi minerali nella fitomassa arborea epigea in un ceduo di Eucalyptus occidentalis Endl. sulla costa ionica della Calabria*. L'Italia Forestale e Montana, n. 3: 195-209, Firenze.
- MOGGI G., 1957 – *Inventario delle specie del genere Eucalyptus esistenti in Italia*. Pubblicazione Ente Nazionale Cellulosa e Carta - Centro Sperimentale Agricolo e Forestale: 7-63, Roma.
- MORANDINI R., 1964 – *Gli eucalitti nella regione mediterranea*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, 13: 111-128, Firenze.
- MUGHINI G., FACCIOTTO G., FALSETTI F., GENTILE T., GRAS M., RICCARDI M., SCAZZIOTA B., TANCHIS U., 2006 – *Coltura a ciclo breve con eucalitto*. Giornata di studio "Colture a ciclo breve per la produzione di biomassa lignocellulosica". Crotone, 26 novembre 2006.
- NOVACO I., 1984 – *I problemi forestali della Calabria*. L'Italia Forestale e Montana, XXXIX (2-3): 68-94, Firenze.
- PATRONE G., 1970 – *Piano di assestamento del bosco Bellia del comune di Piazza Armerina per il decennio 1970-1979*.
- PROTO A., ZIMBARLATTI G., 2008 – *L'uso di biomasse in Calabria per produrre energia elettrica*. Rivista forestale "Alberi e Territorio", Anno V - Luglio-Agosto: 12-17.
- REGIONE CALABRIA, 2008 – *Pioggie mensili e temperature alla stazione termopluviometrica di Crotone*. Periodo 1967-2001. Servizio Idrometeorologico della Protezione Civile, Catanzaro.
- VIGGIANI G., NICOTINA M., 2001 – *L'Eulofide galligeno fogliare degli eucalitti Ophelimus eucalipti (Gahan) (Hymenoptera: Eulophidae) in Campania*. Boll. Zool. Agr. Bach., Ser. IV, 33 (1): 79-82.





# Prove di diradamento in acero-frassineti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo (VI). Risultati dopo il secondo intervento<sup>§1</sup>

Valentina Giulietti<sup>2</sup>, Fabrizio Ferretti<sup>2</sup>, Francesco Pelleri<sup>2\*</sup>

*Accettato il 12 settembre 2008*

**Riassunto** – Sono descritte le modalità di esecuzione del secondo intervento di diradamento eseguito in quattro popolamenti di acero montano e frassino maggiore di diversa età. In tre popolamenti la tecnica selvicolturale adottata è stata quella della selvicoltura d'albero (diradamento libero attorno a pochi "alberi obiettivo") mentre nel popolamento più adulto è stato eseguito un diradamento di tipo misto. Nel popolamento più giovane, di circa 18 anni d'età, i 400 alberi obiettivo selezionati inizialmente sono stati ridotti a circa la metà con il secondo intervento. Complessivamente il prelievo ha riguardato il 34% dell'area basimetrica. Nei popolamenti di età intermedia (all'età di 28 e 31 anni) sono state favorite tutte le piante inizialmente selezionate, abbattendo solo quelle che avevano subito danni evidenti. In questo caso il prelievo è stato intorno al 30% dell'area basimetrica. Nel popolamento più vecchio il secondo diradamento (all'età di 37 anni) è stato più forte del precedente, prelevando il 34% di area basimetrica. L'analisi della dinamica dell'accrescimento diametrico, eseguita sulle piante obiettivo, ha evidenziato l'efficienza dei diradamenti liberi applicati sul popolamento più giovane, dove si sono mantenuti incrementi diametrici costanti intorno a 8,6 mm anno<sup>-1</sup>, mentre è stata riscontrata una progressiva riduzione nelle piante selezionate nel testimone (5,5 mm anno<sup>-1</sup>). Nei popolamenti di età intermedia sono stati osservati incrementi diametrici meno costanti e intorno a 6 mm anno<sup>-1</sup>, sintomo di una minore capacità di reazione delle chiome. Nel popolamento adulto gli interventi tardivi hanno portato ad un limitato effetto incrementale ma hanno migliorato la stabilità generale del popolamento e la diversità specifica. I risultati della sperimentazione confermano la necessità di eseguire il primo intervento in soprassuoli giovani (15-20 anni) realizzando frequenti diradamenti liberi (ogni 4-6 anni) intorno ad un ristretto numero di piante obiettivo, ossia 100-200 ad ettaro. Nei popolamenti più vecchi, non gestiti, le possibilità di valorizzare la produzione di legname di pregio, con diradamenti tardivi, si riducono notevolmente anche se si potrà ottenere un certo quantitativo di legname con discrete caratteristiche tecnologiche.

**Parole chiave:** boschi di neoformazione, diradamenti, frassino maggiore, acero di monte.

**Abstract** – Thinning trials in secondary growth ash-maple stands carried out in the Agno-Chiampo district (VI): results after second thinning. The second thinning results undertaken in four ash-maple stands of different age are described. In three stands a target tree management system (free thinning around few target trees) was applied. In the oldest stand one mixed thinning has been implemented. In the youngest stand 400 target trees have been preselected and numerically half reduced after a second free thinning (aged 18 yr). The basal area of this stand decreased globally with 34%. In the middle aged stand (aged 28 and 31 yr), all the target trees, previously selected, were favoured. Among them, only those seriously damaged (by logging and frost) were cut down. The overall uptake in this stand has been the 30% of basal area. In the oldest stand the second traditional thinning (aged 37 yr) was more intensive, than the previous: the 34% of basal area has been felled. The analysis of target trees diameter growth has revealed that free thinning has been efficient for the youngest stand (a constant diameter increment of 8,6 mm yr<sup>-1</sup>). Conversely, a progressive reduction of diameter increment (5,5 mm yr<sup>-1</sup>) has been found in the control plot. The reaction to thinning in the middle aged stand was inferior in terms of homogeneity and diameter increment through years (6 mm yr<sup>-1</sup> average), this underline a less reaction of crowns. In the oldest stand, late thinnings had little incremental effect, however the general stability and specific diversity improved. The experimental results confirm the necessity to carry out the first thinning in young stands (aged 15-20 yr) with a frequency of 4-6 yr in a restricted number of target trees (100-200 per hectare). In the oldest stands the chance to improve the production of good quality timber is reduced, but timber with fairly good technological characteristics can be however obtained.

**Key words:** secondary succession, thinning, ash, sycamore.

*F.D.C.: 242 : 228.82 : 176.1 Acer pseudoplatanus: Fraxinus excelsior*

## Introduzione

Gli aceri-tiglieti e gli aceri-frassineti sono formazioni forestali che negli ultimi decenni hanno assunto una notevole rilevanza territoriale nel nord Italia (DEL

FAVERO *et al.* 1998, DEL FAVERO 2002, IPLA s.p.a. 2004, WOLYNSKI 2005, REGIONE VENETO 2006). Attualmente, secondo i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC) (MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI 2007), queste formazioni

§ Lavoro svolto nell'ambito del Progetto Finalizzato Riselvitale finanziato dal Mipaf (Ricerca 3.1.8 -Studio e valorizzazione dei boschi e dei cespuglieti di neoformazione originatisi nelle aree agricole abbandonate).

<sup>1</sup> Lavoro coordinato da F. Pelleri e svolto in parti uguali dagli autori.

<sup>2</sup> CRA - Centro di ricerca per la Selvicoltura - Arezzo.

\* Autore corrispondente: francesco.pelleri@entecra.it

(“acero-tiglieti di monte”, “boschi a frassino” e “altre specie”) occupano in Italia una superficie di 153.904 ettari, di cui l’88% riguarda le regioni settentrionali; a queste si aggiungono gli “acereti appenninici” su una superficie di 23.600 ettari.

In Veneto, secondo l’INFC, gli acero-frassineti occupano 16.434 ettari, mentre la Regione Veneto (REGIONE VENETO *op. cit.*) indica una superficie di 9.258 ha. L’elevata differenza che si riscontra fra le due fonti è probabilmente riconducibile al diverso metodo utilizzato ed agli anni di distanza che separano i due rilievi (5 anni); quest’ultimo aspetto è sicuramente importante considerata la rapida dinamica evolutiva di questi popolamenti. Il 91% dei questi popolamenti è di proprietà privata (CARRARO *et al.* 2001), arrivando fino al 100% nella Comunità Montana dell’Agno-Chiampo (FONTANA 2007 *com. pers.*) dove queste formazioni coprono una superficie complessiva di 842 ettari, pari al 7% della superficie boscata.

Questi popolamenti, per la maggior parte di origine secondaria, si stanno diffondendo nei terreni agricoli abbandonati grazie alla loro capacità colonizzatrice e alle condizioni edafiche favorevoli delle stazioni che occupano (GHIDOTTI e PIUSSI 2000). In Italia, negli ultimi vent’anni, numerosi studi ne hanno descritto la dinamica evolutiva, mentre ancora carenti sono le indicazioni gestionali (DEL FAVERO 2004). Solo alcune prove sperimentali sono state avviate negli ultimi anni per valorizzarne la produzione di legname di pregio (PELLERI 2000, PELLERI e FONTANA 2004, PIVIDORI 2002) o per valutarne la produzione di biomassa (SPINELLI e MAGAGNOTTI 2007); pertanto risultano di notevole rilevanza le esperienze selvicolturali del centro Europa sull’acero montano e il frassino maggiore (DUFLOT 1995, KERR 1995, PILARD-LANDEAU e LEGOFF 1996, POULAIN *et al.* 2004) ed in particolare quelle che si ispirano ai principi della “selvicoltura d’albero” (DE SAINT-VAULRY 1969, DE POURTALES 1987, SCHÜTZ 1990, BASTIEN e WILHELM 2000, WILHELM 2003): approccio selvicolturale che mira ad ottenere legname di pregio di grandi dimensioni in tempi più brevi e con minori costi; affidando al soprassuolo accessorio la funzione di guidare i processi di regolazione naturale (protezione ed educazione) ed intervenendo solo in favore delle piante migliori (“alberi obiettivo”), riducendo così gli interventi ed il relativo costo. Questo tipo di selvicoltura individua, per le fustaie coetanee, quattro fasi temporali ben distinte: insediamento, qualificazione, dimensionamento e maturazione. Nella prima fase agiscono principal-

mente i processi naturali ma possono essere eseguiti interventi di ripulitura per agevolare l’affermazione della rinnovazione; questi devono essere localizzati esclusivamente attorno a singole piante o gruppi promettenti distanziati 5-10 metri l’uno dall’altro (WILHELM 2005 *com. pers.*). Nella *qualificazione*, quando la competizione intra e interspecifica è molto intensa (tipico dello stadio di spessina), gli interventi sono limitati e la durata di questa fase è strettamente condizionata dal raggiungimento della lunghezza-obiettivo del fusto privo di rami (circa 2/3 dell’altezza totale a maturità). Verso la fine della qualificazione (transizione tra spessina e giovane perticaia) la differenziazione sociale è già evidente ed è il momento migliore per eseguire la scelta delle piante obiettivo. I criteri principali di scelta sono: il vigore (alberi dominanti e con chioma ben sviluppata), lo stato fitosanitario, la conformazione (riguardante la porzione di fusto utilizzabile come legname da opera) e solo secondariamente l’ubicazione rispetto alle altre piante obiettivo (CHIEZE e SARDIN 2005). Il numero di piante obiettivo che andranno a costituire il popolamento maturo può essere scelto fin dall’inizio (scelta definitiva di 50-100 alberi obiettivo ad ettaro), talvolta per motivi precauzionali può essere conveniente eseguire la selezione di un numero maggiore di piante (fino a quattro volte la densità definitiva) rinviando ad un secondo momento la scelta definitiva degli alberi obiettivo. Nella qualificazione con gli interventi si agisce solo su alberi dominanti e superdominanti che ostacolano lo sviluppo degli alberi obiettivo. Lo sviluppo di questi vigorosi concorrenti viene controllato con il *cassage* (piegatura del fusto o dei rami fino a provocare una parziale rottura delle fibre, MORI *et al.* 2007), la cercinatura e con i primi diradamenti. Nel *dimensionamento*, una volta definita la lunghezza desiderata del fusto ed individuati gli alberi obiettivo, si mira ad ottenere da questi un accrescimento diametrico elevato e costante eseguendo diradamenti liberi a vantaggio delle piante selezionate. Nell’ultima fase (*maturazione*) si provvede alla raccolta graduale delle piante arrivate a maturità.

Considerata la rilevanza territoriale che hanno assunto le formazioni ad acero e frassino per il nord Italia, come effetto dell’abbandono di campi e pascoli, è stato ritenuto importante verificare l’applicabilità dell’approccio selvicolturale prima esposto anche alla realtà italiana. Per questo, lo scopo del presente lavoro è quello di analizzare i primi risultati scaturiti dal secondo ciclo di diradamenti, eseguiti in aceri-

frassineti di neoformazione di diversa età e di valutare nel complesso l'efficienza degli interventi realizzati dieci anni dopo l'inizio della sperimentazione. È stato ritenuto opportuno verificare in parallelo la possibilità di realizzare interventi selvicolturali anche in popolamenti più vecchi e strutturalmente evoluti.

L'applicazione di una tecnica non può però prescindere da una serie di fattori quali il contesto socio-economico, la "cultura" locale del bosco, la struttura fondiaria e pertanto, pur non essendo questo l'obiettivo della ricerca, era importante avere un'idea del quadro generale tenendolo poi in considerazione nelle fasi di impostazione, esecuzione e divulgazione dei risultati. Nel territorio della Comunità Montana è sicuramente rilevante l'elevata frammentazione fondiaria e la mancanza di una gestione consortile della proprietà privata (FONTANA 1997). Inoltre, in considerazione della "novità" che queste formazioni rappresentano per il territorio è ragionevole supporre che, in loco, non siano conosciute le potenzialità degli aceri-frassineti, delle tecniche colturali ad essi associabili nel governo a fustaia e come inserire, in una gestione aziendale, sistemi colturali diversi dal ceduo. Per questo, insieme alla ricerca di nuove tecniche selvicolturali per la produzione di materiale pregiato e non solo di legna da ardere come attualmente avviene nei popolamenti "gestiti", è necessario associare azioni di informazione, di aiuto economico, realizzazione di infrastrutture, servizi di marketing, da parte degli Enti Pubblici verso i proprietari dei terreni riforestati (PIUSSI e PETTENELLA 2000).

## Materiali e metodi

La ricerca, avviata nel 1996, riguarda la parte settentrionale del territorio della Comunità Montana dell'Agno-Chiampo (Prealpi vicentine), in particolare il Comune di Recoaro Terme dove sono maggiormente diffusi gli acero-frassineti.

Il clima della zona è di tipo temperato freddo con influenze oceaniche, la piovosità media annua è elevata (Recoaro Terme: 2149 mm) e crescente risalendo verso l'interno delle valli; la temperatura media annua è di 10,4 °C. Le formazioni geologiche presenti sono molto variegate: passando dal basamento scistoso cristallino (nella parte alta del bacino dell'Agno) alla

dolomia principale che caratterizza la catena delle Piccole Dolomiti; ne derivano suoli con caratteri diversi, più o meno profondi e con pH variabile da subacido a subalcalino (PELLERI e FONTANA *op. cit.*).

Gli studi sulla dinamica di espansione del bosco, a seguito della riduzione dell'attività agricola e zootecnica, sono analizzati in PELLERI *et al.* (2003).

Per valutare le capacità produttive degli acero-frassineti lasciati all'evoluzione naturale, sono stati individuati alcuni popolamenti più rappresentativi delle diverse fasi evolutive dove realizzare diradamenti calibrati per ogni situazione (PELLERI e FONTANA *op. cit.*). Nelle parcelle costituite nelle località di *Covole* e *Borga dei Martiri*, soprassuoli in fase di spessina e perticaia, sono stati applicati i principi della "selvicoltura d'albero". In queste la scelta delle piante obiettivo è stata basata sui seguenti parametri: vigore (alberi dominanti e con chioma sviluppata e ben conformata), buona forma del fusto (diritto e cilindrico, privo di biforcazioni e rami nella porzione commerciale), stato fitosanitario (assenza di ferite e di attacchi parassitari) e solo secondariamente distribuzione spaziale (ubicazione rispetto alle altre piante obiettivo). Nella parcella di *Montagna Spaccata* che, al momento dell'impostazione della sperimentazione, era in fase di giovane fustaia - quindi in uno stadio evolutivo e con una età tali da rendere inapplicabili i criteri utilizzati per le aree prima citate - la decisione è stata quella di indirizzare i diradamenti applicando una "selvicoltura di popolamento" (DEL FAVERO 2005) che mira innanzitutto a ridurre la densità del popolamento, migliorarne la stabilità e solo in un secondo momento a favorire i soggetti di maggiore interesse tecnologico. In questa parcella, per avere comunque un termine di paragone, è stato scelto, con gli stessi criteri sopra specificati, un campione di piante dominanti.

Si riporta, per ciascuna area, una breve descrizione del primo diradamento:

*Covole (acero-frassineto di 14±1 anni<sup>3</sup>, parcella diradata di 2410 m<sup>2</sup>, testimone di 1137 m<sup>2</sup>, 800 m s.l.m.)* - Nella primavera del 2001 è stato eseguito un diradamento libero attorno a 415 piante obiettivo ad ettaro selezionate con una densità 4 volte quella definitiva (DE POURTALES *op. cit.*, SCHÜTZ *op. cit.*); con il diradamento è stato eliminato il 27% dell'area basimetrica. Tra le piante obiettivo sono stati individuati i 100

<sup>3</sup> L'insediamento degli aceri-frassineti nei coltivi e prati abbandonati avviene in un periodo più o meno lungo; pertanto è impossibile stimare l'età precisa dei popolamenti. Per le finalità del lavoro l'età è stata stimata su un campione di almeno 40 piante appartenenti al soprassuolo principale (piante dominanti e condominanti). Nel testo l'età viene inizialmente espressa come media ± deviazione standard e successivamente come valore medio.

soggetti più promettenti ad ettaro (densità definitiva), con gli stessi criteri sono state selezionate le migliori 100 piante ad ettaro del testimone.

*Borga dei Martiri A (acero-frassineto di 22±2 anni, parcella di 871 m<sup>2</sup>, 665 m s.l.m.)* - Nel febbraio 1998 è stato realizzato un diradamento libero intorno a 147 piante obiettivo ad ettaro che ha prelevato il 44% dell'area basimetrica.

*Borga dei Martiri B (acero-frassineto di 25±2 anni, parcella di 1160 m<sup>2</sup>, 650 m s.l.m.)* - Contemporaneamente alla parcella A è stato effettuato un diradamento libero in questo caso intorno a 310 piante obiettivo ad ettaro, prelevando il 44% dell'area basimetrica.

*Montagna spaccata (frassineto di 31±2 anni, parcella diradata di 2500 m<sup>2</sup> e testimone di 660 m<sup>2</sup>, 550 m s.l.m.)* - Nella primavera del 2000 è stato effettuato un diradamento prevalentemente dal basso più adatto a soprassuoli di età più avanzata. Il prelievo ha interessato il 29% dell'area basimetrica e circa la metà delle piante. La risposta al diradamento è stata misurata su un campione di 296 piante dominanti ad ettaro, individuate sia nella parcella diradata che nel testimone (272 ad ettaro).

In tutte le parcelle, negli anni successivi all'intervento, è stato misurato l'accrescimento diametrico delle piante selezionate; ciò ha consentito di programmare il secondo intervento che è stato preceduto da una serie completa di rilievi: cavallettamento di tutte le piante con diametro superiore ai 3 cm; classificazione arborea in tre classi sociali utilizzando la classificazione di Kraft (in PRUSSI 1994) semplificata: dominante (classe 1 e 2), condominante (classe 3), dominata (classi 4 e 5); misura di un campione di altezze per la determinazione della relazione ipso-diametrica delle specie principali (acero e frassino); ripetizione dei rilievi nei transect di struttura precedentemente realizzati.

Per valutare la risposta al diradamento è proseguito il rilievo annuale dell'accrescimento diametrico delle piante obiettivo, scelte nelle parcelle diradate di *Covole* e *Borga dei Martiri*, e su un campione di piante dominanti di *Montagna Spaccata*. Infine, dopo il secondo diradamento, sulle piante selezionate di tutte le aree sperimentali sono state misurate: l'altezza totale, l'inserzione e la proiezione (lungo quattro raggi) della chioma.

Per ricavare il volume dendrometrico è stata utilizzata una tavola di cubatura ad una entrata ap-

positamente costruita a partire dalla cubatura per sezioni delle piante abbattute con il primo e il secondo diradamento (383 campioni). I soggetti caduti al taglio sono stati valutati per quantificare gli assortimenti ritraibili (legname da opera o da ardere); in particolare è stato classificato materiale da opera ogni fusto privo di difetti (buona assialità del fusto, assenza di ferite, assenza di grossi rami morti) e con caratteristiche dimensionali idonee (lunghezza minima 2,5 m e diametro in punta maggiore di 20 cm).

Il secondo ciclo di diradamenti è stato effettuato fra la primavera del 2004 e l'autunno del 2005.

Nella parcella di *Covole* (18±1 anni di età), visto che le piante obiettivo erano già entrate in competizione fra loro, con l'intervento è stato favorito circa il 50% delle piante selezionate con il primo diradamento. Nelle due parcelle di *Borga dei Martiri* (28±2 e 31±2 anni di età) sono state nuovamente liberate le piante obiettivo, il cui numero è stato lievemente ridotto a causa di danni da gelo e da utilizzazione. Nella parcella di *Montagna Spaccata* (37±2 anni di età) l'intervento è stato di maggiore intensità del precedente, sempre con lo scopo di ridurre la densità e migliorare la stabilità del popolamento, ma anche per iniziare a favorire lo sviluppo dei soggetti più promettenti.

## Risultati e discussione

### *Covole*

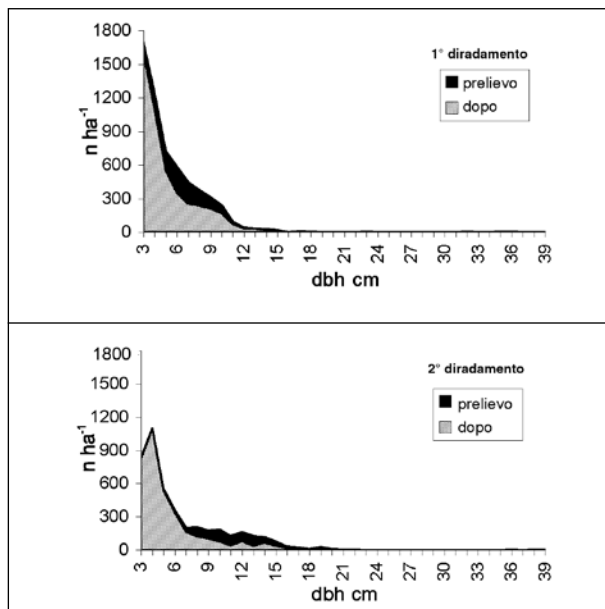
*Caratteristiche del popolamento* - Al momento del primo rilievo, le due parcelle indagate (diradata e testimone) risultavano simili per gran parte dei parametri dendrometrici, come per la composizione specifica con prevalenza dell'acero montano sul frassino maggiore (Tabella 1). Dall'analisi dei dati si osserva una pronta reazione del popolamento al primo intervento, in soli quattro anni l'area basimetrica è cresciuta del 59% mentre nel testimone si è verificato un aumento del 40%. Contemporaneamente gli effetti della competizione hanno determinato nella parcella testimone una mortalità (14%) doppia rispetto alla parcella diradata (7%). Il buon accrescimento in area basimetrica e la riduzione della densità riscontrata nel testimone sono tipici di popolamenti ancora in fase giovanile, caratterizzati da una forte pressione selettiva.

*Il secondo diradamento* - Nella primavera del 2005 il popolamento, all'età di 18 anni, è stato sottoposto al secondo diradamento. Le migliori piante obiettivo (100 ad ettaro) sono state preservate, mentre è stato

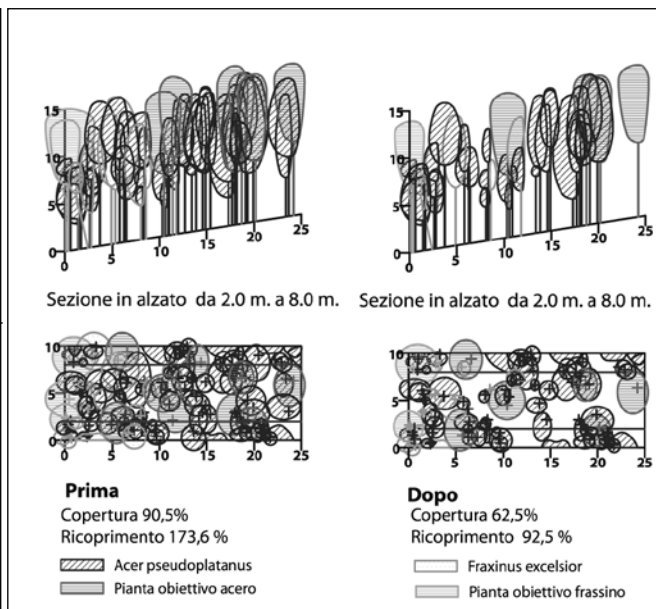
**Tabella 1** - Covole: principali parametri dendrometrici e variazioni nella composizione specifica.  
Covole: mensurational parameters and specific composition variations before and after thinnings.

		1° diradamento 2000 (14 anni)				2° diradamento 2004 (18 anni)			
		testimone*	prima	diradato prelievo	dopo	testimone*	prima	diradato prelievo	dopo
<b>piante</b>	n ha <sup>-1</sup>	5849	5851	1191	4660	5040	4315	734	3581
<b>dmg</b>	cm	6,6	6,1	7	5,9	8,2	7,7	11,4	6,7
<b>Hmg</b>	m	10,5	10,2	10,8	10,1	12,7	12,4	12,7	10,6
<b>HD</b>	m	15,4	14,3	-	-	17,2	17,3	-	-
<b>G</b>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	19,09	17,32	4,64	12,71	26,75	20,20	7,52	12,68
<b>Volume</b>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	147,8	117,6	32,8	84,8	227,0	167,3	70,0	97,3
<b>Am</b>	n%	62	73	68	74	65	75	69	76
<b>Fe</b>	n%	36	25	30	24	34	24	31	23
<b>altre</b>	n%	2	2	2	2	2	1	0	1

\* i valori di G e V sono fortemente influenzati dalla presenza di una pianta di noce di 56.7 cm dbh (inv. 2004)



**Figura 1** - Covole parcella diradata: distribuzione diametrica prima e dopo i due interventi.  
Covole experimental area: frequency distribution per dbh classes before and after thinnings.



**Figura 2** - Covole struttura del popolamento prima e dopo il secondo diradamento.  
Covole: stand structure before and after second thinning occurrence.

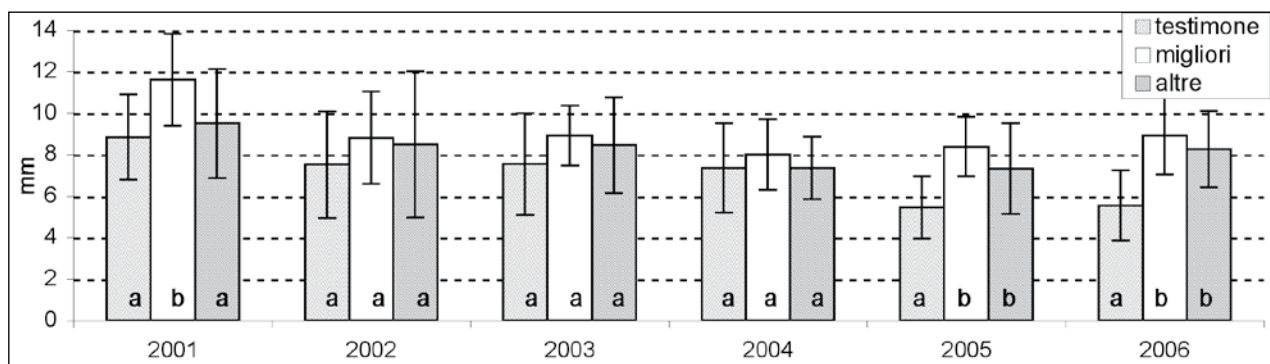
notevolmente ridotto il numero complessivo che è passato da 415 a 253 piante ad ettaro. Il prelievo, in modo più accentuato che nel primo diradamento, ha interessato le piante direttamente concorrenti degli alberi obiettivo, in modo da liberarne la chioma. La restante parte del soprassuolo, per quanto possibile, è stata preservata poiché svolge un importante ruolo di educazione e di copertura del suolo. Quest'ultimo aspetto viene evidenziato più chiaramente nel transect di struttura (Figura 2), infatti i valori di ricoprimento sono stati drasticamente ridotti (81%) con l'intervento mentre quelli di copertura hanno subito una variazione solo del 28%, nonostante gli spazi creati intorno alle piante obiettivo. In quest'ultimo diradamento il prelievo è stato più intenso (37% di G) e localizzato prevalentemente nel piano dominante (78% delle pian-

te) ed in minor parte in quello condominante (18%), il piano dominante è stato leggermente intaccato (4%) solo per rendere più agevoli le operazioni di taglio. Il secondo intervento (Tabella 1 e Figura 1) è stato, quindi, un diradamento libero caratterizzato da un prelievo numericamente inferiore rispetto al primo, ma che ha interessato piante di diametro medio maggiore (11,4 cm). Con il secondo intervento è stata ottenuta solo legna da ardere per un volume di 70,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

*Caratteristiche delle piante obiettivo* - Al momento del primo e del secondo rilievo (anni 2000 e 2004) non sono state rilevate differenze significative tra le migliori 100 piante obiettivo del testimone e del diradato, mentre le altre piante selezionate nella parcella diradata sono risultate significativamente diverse dai migliori 100 soggetti della stessa parcella (Tabella

**Tabella 2** - Covole, principali parametri delle piante obiettivo. Confronto delle medie con il Test HSD di Tukey.  
Covole, mensurational parameters of target trees. Comparison of average data using HSD Tukey test.

	piante obiettivo	n	dbh		altezza		H/D	prof. chioma		area insidenza		
			n ha <sup>-1</sup>	cm	HSD	m	HSD	HSD	%	HSD	m <sup>2</sup>	HSD
2000	diradato	altre	315	9,8±2	a	11,9±1	a	126±19	a	51±9	a	
		migliori	100	11,8±2	b	13,0±2	b	112±15	b	52±10	a	
	testimone	migliori	100	10,8±2	a	12,0±1	a	114±18	a	51±10	a	
2004	diradato	altre	153	13,0±3	a	15,1±1	a	120±16	b	54±6	a	8,11±3
		migliori	100	15,5±3	b	16,3±2	b	107±12	a	56±8	a	10,98±6
	testimone	migliori	100	13,9±3	a	15,6±1	a	114±17	a	55±11	a	6,16±4



**Figura 3** - Covole parcelle testimone e diradata: incrementi diametrici delle piante obiettivo ( $\pm$ Dev.st.). Confronto delle medie con il Test HSD di Tukey.  
Covole thinned and control plots: comparison of dbh increments of target trees ( $\pm$ St.Dev.). Comparison of average data using HSD Tukey test.

2). Il solo parametro (rilevo del 2004) che differenzia significativamente le migliori piante del popolamento diradato da quelle del popolamento testimone è l'area d'insidenza della chioma; indicatrice di una maggiore funzionalità fotosintetica che avrà quindi conseguenze positive sull'accrescimento delle migliori 100 piante obiettivo del diradato, dato parzialmente confermato dai valori incrementali 2005-2006 (Figura 3). Già all'età di 18 anni le migliori piante obiettivo sono ben equilibrate con valori medi di H/D prossimi a 107, profondità della chioma del 56% e area d'insidenza di 11 m<sup>2</sup>.

**Risposta ai diradamenti** - Per valutare gli effetti degli interventi selvicolturali sulla parcella diradata è necessario puntare l'attenzione sulle piante obiettivo, dato che proprio a loro vantaggio sono stati realizzati gli interventi. Sono stati quindi messi in relazione, per il periodo 2001-2006, i valori medi di incremento corrente annuo di diametro delle migliori 100 piante e delle altre piante obiettivo del popolamento diradato (153 piante ad ettaro) con le 100 selezionate nel popolamento testimone (Figura 3). Dall'analisi dei dati e dal confronto delle medie con il Test HSD di Tukey, si osservano gli effetti che i due diradamenti hanno

avuto sulle piante obiettivo della parcella diradata. I più alti valori di incremento corrente di diametro (11,6 mm anno<sup>-1</sup>) si riscontrano, sulle migliori 100 piante obiettivo, nell'anno successivo al primo diradamento. Tale risposta riguarda solo il 2001 mentre gli anni seguenti, fino al 2004, sono caratterizzati da un andamento costante che non si discosta da quello della parcella testimone. Dopo il secondo intervento (anno 2005), si osserva una netta differenziazione fra le due parcelle. L'accrescimento diametrico delle piante obiettivo nell'area diradata continua a mantenersi intorno alla media degli anni precedenti (8,6 mm anno<sup>-1</sup> per le migliori piante obiettivo), mentre per il testimone si assiste ad una netta diminuzione (5,6 mm anno<sup>-1</sup>).

#### **Borga dei Martiri A**

**Caratteristiche del popolamento** - Le principali caratteristiche dendrometriche della parcella diradata prima e dopo i due interventi sono indicate in Tabella 3. Dopo sei anni dal primo diradamento è stata riscontrata una buona risposta all'intervento, con un notevole aumento in area basimetrica (46%) ed un leggero au-

**Tabella 3** - Borga dei Martiri, parcella A: principali parametri dendrometrici prima e dopo i due interventi.  
*Borga dei Martiri plot A: mensurational parameters before and after thinnings.*

		1° diradamento 1997 (25 anni)			2° diradamento 2003 (31 anni)		
		prima	prelievo	dopo	prima	prelievo	dopo
<b>piante</b>	n ha <sup>-1</sup>	4638	1642	2997	3031	505	2526
<b>dmg</b>	cm	8,8	9,8	8,2	9,8	13,2	9,0
<b>Hmg</b>	m	14,4	14,0	15,0	14,5	16,7	13,9
<b>HD</b>	m	20,2	-	-	20,9	-	-
<b>G</b>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	28,20	12,34	15,86	23,08	6,89	16,19
<b>Volume</b>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	248,6	116,4	132,2	214,2	67,8	146,4

mento del numero di piante (1%); dato che conferma il diverso stadio evolutivo nel quale si trovava questo popolamento rispetto a quello di *Covole*, caratterizzato da un buon dinamismo dell'accrescimento ma da una minore competizione, anche in seguito al forte prelievo del primo intervento.

*Il secondo diradamento* - Nel marzo 2004 il popolamento, all'età di 31 anni, è stato sottoposto al secondo diradamento. Il prelievo è stato eseguito intorno alle piante obiettivo che sono state ridotte da 310 a 299 ad ettaro, perché danneggiate dalle operazioni di esbosco e dal gelo. Dalla Tabella 3, si osserva che il secondo intervento è stato di intensità minore rispetto al primo (30% di G rispetto al 44%). Il taglio ha interessato prevalentemente il piano dominante (45%) ma anche quello dominato (34%) e condominante (20%). Rispetto al diradamento precedente le classi diametriche inferiori sono state coinvolte in maniera nettamente minore (Figura 4, Tabella 3), infatti il diametro medio delle piante tagliate è risultato maggiore (13,2 cm). Con l'intervento sono stati ottenuti 67,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> con il 10% di legname da opera.

Osservando le caratteristiche del transect di struttura (Figura 5) prima e dopo il secondo diradamento, si nota che la copertura ha subito solo una lieve riduzione (9%), mentre elevata è stata nel caso del ricoprimento (47%); questi valori confermano che il prelievo è stato concentrato intorno alle piante obiettivo ed ha riguardato solo i soggetti limitanti lo sviluppo delle loro chiome.

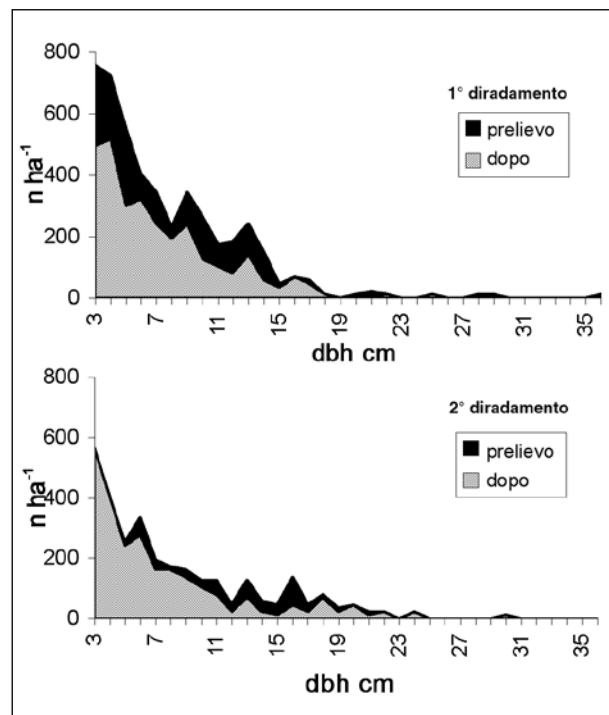
*Caratteri delle piante obiettivo* - Le piante obiettivo di questa parcella presentano (nel 2003) altezze medie di 19,1 m, rapporto di snellezza H/D di 106, profondità della chioma intorno al 50% e area d'insidenza mediamente ancora piuttosto modesta, di circa 15 m<sup>2</sup> con chioma inserita a 9,5 m (Tabella 4).

*Risposta ai diradamenti* - Il monitoraggio dell'accrescimento diametrico (Figura 6) evidenzia un

massimo dell'incremento corrente in corrispondenza dell'anno successivo al primo intervento (1998), mantenendosi poi intorno a 6,1 mm anno<sup>-1</sup>. Solo nel 2003 e nel 2006 si nota una sensibile diminuzione, da porre probabilmente in relazione alla forte siccità ed alle alte temperature estive che si sono manifestate nell'estate 2003 ([www.arpa.veneto.it/cmt/clima/estate2003.htm](http://www.arpa.veneto.it/cmt/clima/estate2003.htm)) e ad un forte attacco di lepidotteri defogliatori nel 2006.

### Borga dei Martiri B

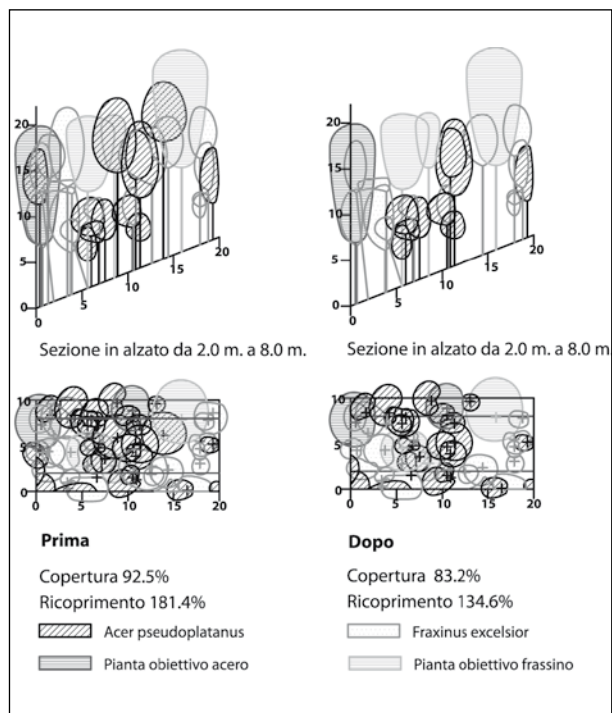
*Caratteristiche del popolamento* - Le principali caratteristiche dendrometriche di questo soprassuolo, prima e dopo i due interventi, sono indicate in Tabella 5. Da questi dati generali risalta la maggiore fertilità di questa parcella rispetto alla parcella A evidenziata dal valore di altezza dominante, maggiore di quasi due metri (nel 2004). In entrambi i popolamenti di Borga dei Martiri la composizione specifica è caratterizzata dalla predominante presenza di acero montano e di frassino maggiore; la differenza più evidente è la maggiore consistenza, nella parcella B delle altre specie quali: tiglio, olmo, ciliegio, maggiociondolo e nocciolo. La mortalità è stata pressoché nulla (inferiore all'1%)



**Figura 4** - Borga dei Martiri, parcella A: distribuzione diametrica prima e dopo i due interventi.  
*Borga dei Martiri, plot A: frequency distribution per dbh classes before and after thinnings.*

**Tabella 4** - Borga dei Martiri A e B, principali parametri delle piante obiettivo. Confronto delle medie con il Test HSD di Tukey.  
*Borga dei Martiri plots A and B: mensurational parameters of target trees. Comparison of average data using HSD Tukey test.*

	area	piante obiettivo	dbh		altezza		H/D		prof. chioma		area insidenza	
1 9 9 7	B	n ha <sup>-1</sup> 147	cm 17,8±7	HSD a	m 18,5±2	HSD b		HSD a	% 50±10	HSD a	m <sup>2</sup> --	HSD --
	A	310	14,8±3	a	17,0±2	a	112±24	a	46±11	a	--	--
2 0 0 3	B	121	22,0±6	b	21,3±3	b	101±17	a	55±8	a	24,9±11	b
	A	276	18,5±4	a	19,1±1	a	106±19	a	50±9	a	14,9±9	a

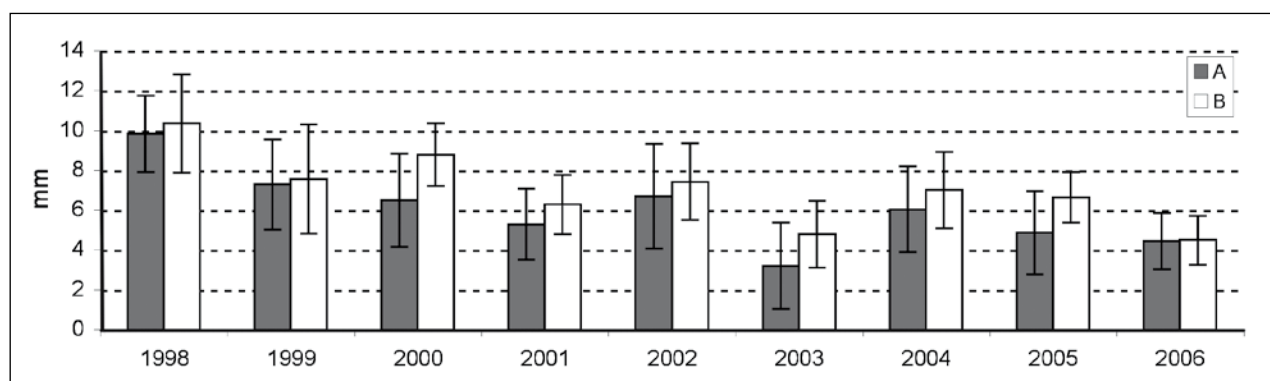


**Figura 5** - Borga dei Martiri area A: struttura del popolamento prima e dopo il diradamento.  
*Borga dei martiri plot A: stand structure before and after second thinning occurrence.*

mentre, in sei anni, l'area basimetrica è aumentata del 43%.

*Il secondo diradamento* - Nel marzo 2004 il popolamento, all'età di 28 anni, è stato sottoposto al secondo diradamento. L'intervento ha riguardato le piante direttamente concorrenti gli alberi obiettivo, che sono stati ridotti, da 147 a 132 ad ettaro perché danneggiati. In Tabella 5 si osserva che l'entità del prelievo è stata inferiore rispetto al primo diradamento (36% G invece del 44% del precedente intervento) ed ha riguardato prevalentemente le piante del piano condominante (42%) e quello dominante (33%) agendo comunque ancora su quello dominato (24%). Le piante cadute al taglio hanno un diametro medio di 14,9 cm, nettamente superiore a quello del primo diradamento (Figura 7); con l'intervento è stato ottenuto un volume di 67,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> con il 26% di legname da opera. Dall'analisi del transect (Figura 8) si osserva che il diradamento ha ridotto la copertura del 20% ed il ricoprimento del 38%.

*Caratteri delle piante obiettivo* - Le piante obiettivo (Tabella 4) di questa parcella presentano, nel 2003, diametri medi (22,0 cm) ed altezze (21,3 m) notevolmente maggiori rispetto a quelli della parcella



**Figura 6** - Borga dei Martiri, parcella A e B: confronto degli incrementi diametrici medi (±Dev.st.) delle piante obiettivo.  
*Borga dei Martiri plots A and B: comparison of dbh increments (±St.Dev.) of targeted trees.*

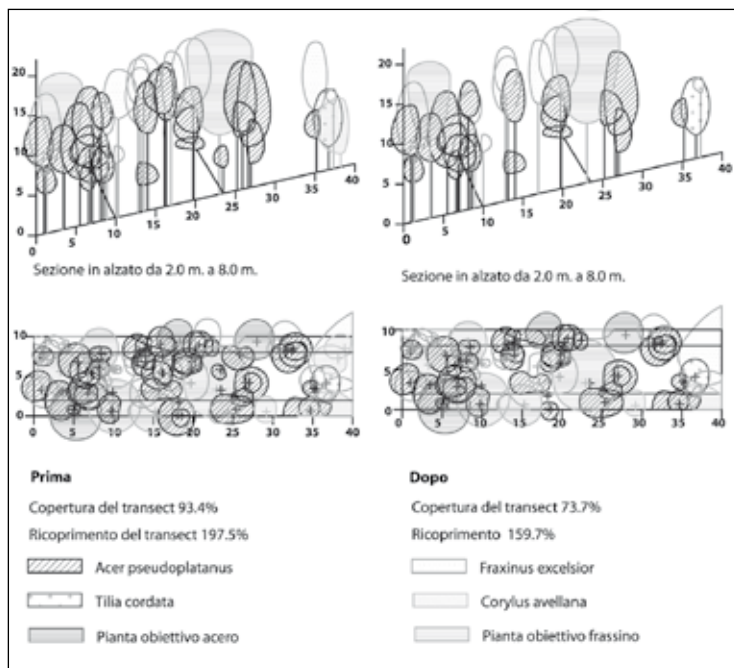


**Tabella 5** - Borga dei Martiri, parcella B: principali parametri dendrometrici prima e dopo i due interventi.  
Borga dei Martiri plot B: mensurational parameters before and after thinnings.

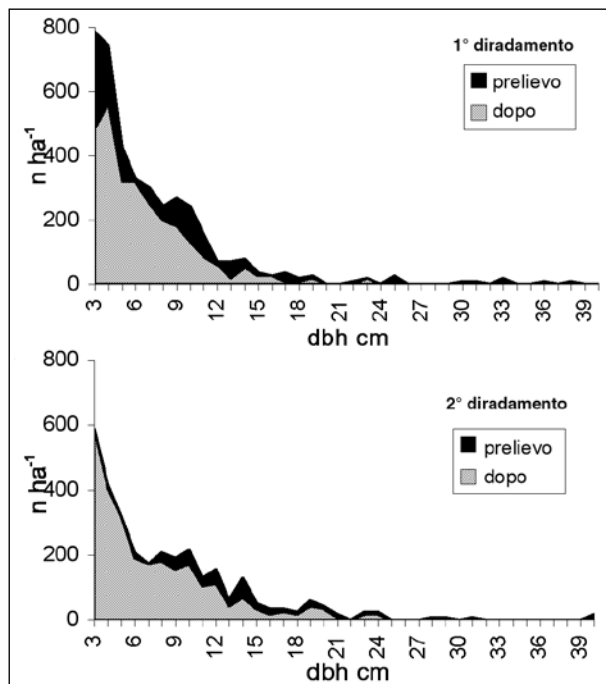
		1° diradamento 1997 (22 anni)			2° diradamento 2003 (28 anni)		
		prima	prelievo	dopo	prima	prelievo	dopo
<b>piante</b>	n ha <sup>-1</sup>	3934	1164	2776	2759	388	2371
<b>dmg</b>	cm	8,7	10,6	7,8	9,3	14,9	8,1
<b>Hmg</b>	m	14,3	15,4	13,7	14,1	18,1	12,9
<b>HD</b>	m	21,1	-	-	22,6	-	-
<b>G</b>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	23,53	10,34	13,22	18,87	6,72	12,16
<b>Volume</b>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	213,5	104,1	109,4	175,0	67,1	107,9

A. Inoltre gli individui risultano più equilibrati con rapporto di snellezza H/D inferiore (101), chiome leggermente più profonde (55%) ma notevolmente più ampie (circa 25 m<sup>2</sup>).

*Risposta ai diradamenti* - Il monitoraggio dell'accrescimento diametrico evidenzia (Figura 6) un massimo dell'incremento corrente l'anno successivo al primo intervento (1998), come per la parcella A, già dal 1999, tale parametro scende mantenendosi intorno ai 7,2 mm anno<sup>-1</sup>. Fanno eccezione gli anni 2003 e 2006, dove si riscontrano i valori più bassi attribuibili alle cause precedentemente descritte; questo crea difficoltà nell'interpretazione del risultato. E' importante considerare che le differenze che si riscontrano fra le due parcelle di Borga dei Martiri sono legate alle diverse condizioni di fertilità in cui si trovano e alla diversa applicazione spaziale del diradamento (PELLERI e FONTANA *op. cit.*).



**Figura 8** - Borga dei martiri area B: struttura del popolamento prima e dopo il secondo diradamento.  
Borga dei martiri plot B: stand structure before and after second thinning occurrence.



**Figura 7** - Borga dei Martiri parcella B: distribuzione diametrica prima e dopo i due interventi.  
Borga dei Martiri plot B: frequency distribution per dbh classes before and after thinnings.

### Montagna Spaccata

*Caratteristiche del popolamento* - Le principali caratteristiche dendrometriche della parcella diradata e del testimone prima e dopo i due trattamenti sono indicate in Tabella 6. Al momento del primo rilievo (1999) la parcella testimone si differenziava da quella diradata solo per quanto riguarda i valori più elevati di densità e di area basimetrica. In ambedue le parcelle il frassino rappresenta la specie dominante.

A differenza delle parcelle precedentemente analizzate, in considerazione del diverso stadio evolutivo, i diradamenti hanno riguardato l'intero popolamento e si configurano come degli interventi inizialmente dal basso e poi di tipo misto. Come si può osservare dai due rilievi effettuati nel 1999 e nel 2005, la densità delle piante dopo il primo intervento è aumentata del 7% per l'entrata di un piano inferiore vitale mentre nel testimone si riscontra una mortalità del 12%. Il diametro

**Tabella 6** - Montagna Spaccata: confronto fra i principali parametri dendrometrici e variazioni nella composizione specifica prima e dopo i due interventi. *Montagna Spaccata: mensurational parameters and specific composition variations before and after thinnings.*

		1° diradamento 1999 (31 anni)				2° diradamento 2005 (37 anni)			
		testimone		diradato		testimone		diradato	
			prima	prelievo	dopo		prima	prelievo	dopo
<b>piante</b>	n ha <sup>-1</sup>	2621	1972	1020	952	2303	1020	368	652
<b>dmg</b>	cm	12,9	13,7	10,3	16,6	14,7	18,2	17,8	18,4
<b>Hmg</b>	m	22,4	22,8	21,0	24,0	22,9	26,8	27,0	26,5
<b>HD</b>	m	27,0	27,5	-	-	32,3	34,0	-	-
<b>G</b>	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	34,48	29,14	8,53	20,61	38,97	26,56	9,16	17,40
<b>V</b>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	353,0	306,8	80,1	226,1	414,3	299,1	101,6	197,5
<b>Am</b>	n%	4	6	6	7	6	8	3	12
<b>Fe</b>	n%	90	85	86	83	85	77	97	71
<b>altre</b>	n%	6	9	8	10	9	15	0	17

**Tabella 7** - Montagna spaccata caratteri del campione di piante dominanti. Confronto delle medie con il Test HSD di Tukey. *Montagna Spaccata: mensurational parameters of target trees. Comparison of average data using HSD Tukey test.*

	area	piante campione	dbh		altezza		H/D	prof. chioma		area insidenza		
			n ha <sup>-1</sup>	cm	HSD	m		HSD	HSD	%	HSD	m <sup>2</sup>
1999	diradata	296	21,2±3,6	a	25,7±1,7	a	124±17	a	35±6	a	--	--
	testimone	272	20,3±3	a	25,4±1,9	a	129±14	a	34±7	a	--	--
2005	diradata	296	23,8±3,9	a	29,6±1,8	a	124±19	a	35±4	a	16,0±9	b
	testimone	272	22,9±3,5	a	29,7±1,5	a	130±17	a	34±3	a	10,1±6	a

medio e l'altezza dominante nella parcella diradata sono rimasti sostanzialmente gli stessi. Al momento del secondo intervento (2005) l'area basimetrica prelevata con il primo si era ricostituita per il 70% con un incremento in sei anni del 29%, mentre nel testimone è aumentata del 13%.

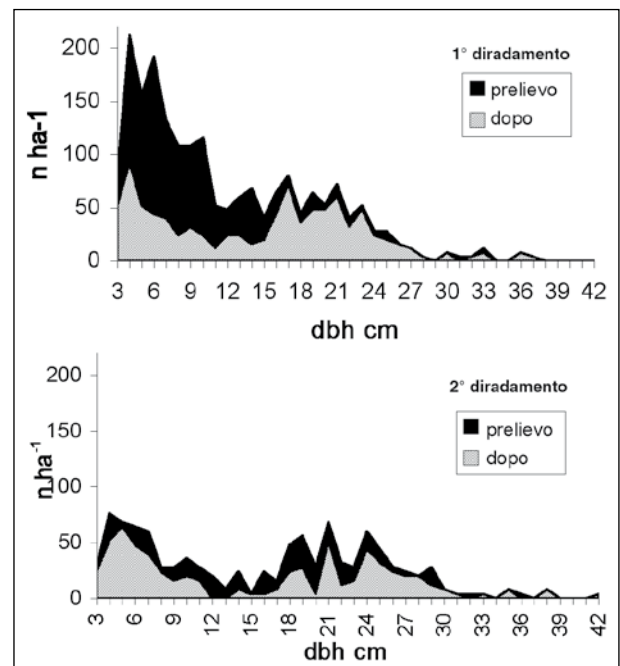
*Il secondo diradamento* - Nell'autunno 2005 il popolamento, all'età di 37 anni, è stato sottoposto al secondo diradamento prelevando un numero minore di piante rispetto al primo (36% invece del 52%), ma una maggiore area basimetrica (34% invece del 29%) (Figura 9). L'intervento si configura come un diradamento misto che ha interessato prevalentemente gli individui della classe condominante, preservando il piano dominato vitale rilasciato dal primo intervento. Con l'intervento sono stati ottenuti 101,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> di cui il 22% di legname da opera.

Osservando i transect (Figura 10) si nota che la copertura è stata ridotta del 9% ed il ricoprimento del 37%.

#### *Caratteri del campione di piante dominanti*

In seguito ai due diradamenti le piante selezionate nel piano dominante, caratterizzate da chiome poco profonde e limitata area d'insidenza (Tabella 7), sono cresciute in diametro di solo 4 mm anno<sup>-1</sup> (Figura 11) mostrando una limitata risposta all'intervento.

Questo comportamento, probabilmente, risponde alle modalità di esecuzione del primo diradamento, ma in particolare alla caratteristica del frassino di reagire

**Figura 9** - Montagna Spaccata: distribuzione delle classi diametriche prima e dopo i due interventi. *Montagna Spaccata: frequency distribution per dbh classes before and after thinnings.*

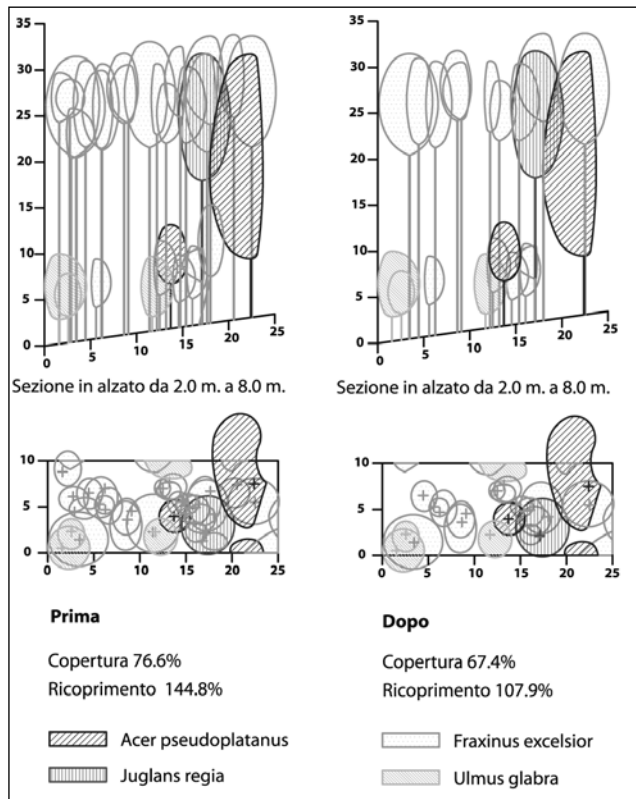
moderatamente ad interventi tardivi. Nel testimone le piante selezionate presentano caratteri molto simili ma con valori leggermente minori rispetto alla parcella diradata.

*Risposte ai diradamenti* - Il monitoraggio dell'accrescimento diametrico rafforza quanto precedentemente affermato. Infatti, l'andamento dell'incremento corrente di diametro del campione di piante dominanti, nella parcella diradata e nel testimone, risulta simile (Figura 11). Ciò evidenzia che il primo intervento, con cui sono state prelevate principalmente piante dominate, ha modificato poco i rapporti di competizione tra gli individui del piano dominante. Gli effetti del secondo intervento non sono ancora valutabili in quanto è trascorso un solo anno dall'intervento durante il quale si è inoltre verificato un forte attacco di insetti defogliatori.

## Conclusioni

I risultati degli interventi sperimentali, condotti da quasi un decennio sui popolamenti di neoformazione di acero e frassino della Comunità Montana Agno-Chiampo, hanno evidenziato buone possibilità per la produzione di legname di pregio in questi popolamenti.

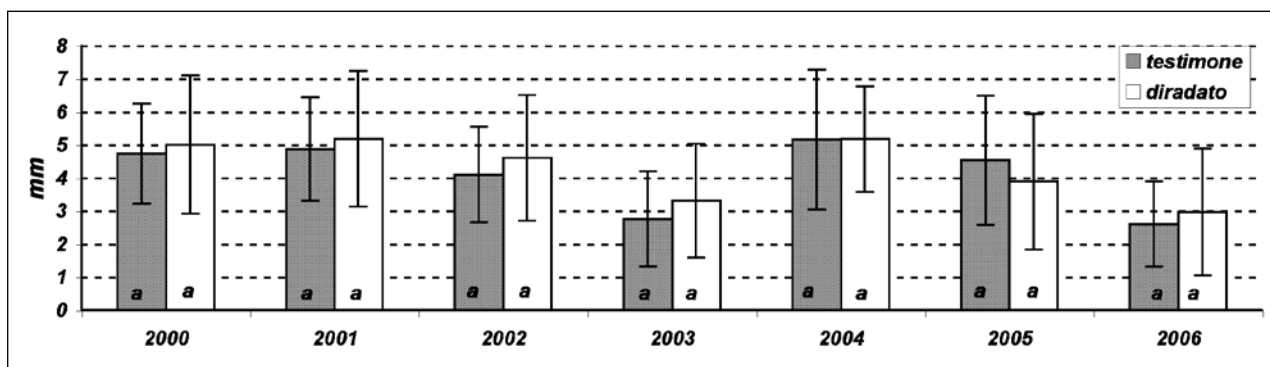
Notevoli sono le potenzialità per la valorizzazione dei popolamenti giovani attraverso la selvicoltura d'albero, con diradamenti precoci e frequenti. Questi hanno permesso, nell'area di *Covole*, di ottenere alberi obiettivo con chiome profonde, ben conformate ed in grado di mantenere, sui migliori 100 soggetti ad ettaro, incrementi diametrici costanti e notevolmente superiori (intorno a 9 mm anno<sup>-1</sup>) rispetto a quelli individuati nel testimone, dove negli ultimi due anni si sono



**Figura 10** - Montagna Spaccata: struttura del popolamento prima e dopo il secondo diradamento.

*Montagna Spaccata: stand structure before and after second thinning occurrence.*

manifestati gli effetti della competizione. La selezione, effettuata con il primo intervento (parcella di *Covole*), di un numero di piante obiettivo 4 volte superiore alla densità definitiva risulta eccessiva considerato che già con il secondo diradamento è stata rilevata la necessità di ridurne in modo consistente la densità. Pertanto può risultare opportuno, per ridurre i costi dei primi interventi, che in questa fase evolutiva sono ancora



**Figura 11** - Montagna Spaccata: incrementi diametrici medi ( $\pm$ Dev.st.) del campione di piante dominanti nel testimone e nel diradato. Confronto delle medie con il Test HSD di Tukey.

*Montagna Spaccata thinned and control plots: comparison of target trees dbh increments ( $\pm$ St. Dev.). Comparison of average data using HSD Tukey test.*

a macchiatico negativo, scegliere un limitato numero di piante obiettivo (da 1 a 2 volte la densità definitiva) sulle quali concentrare l'attenzione del selvicoltore e utilizzare, compatibilmente con le norme vigenti, tecniche meno onerose come la cercinatura.

Nei popolamenti di età intermedia in fase di perticaia come quelli di *Borga dei Martiri* l'applicazione di criteri simili ha dato risultati buoni ma meno eclatanti. In tutte e due le aree, ma in particolare nell'area A, meno fertile e dove era stato selezionato un elevato numero di piante obiettivo, l'effetto dei diradamenti è risultato meno evidente. Gli alberi obiettivo hanno reagito agli interventi già nel primo anno, poi gli accrescimenti diametrici si sono stabilizzati intorno a 6-7 mm anno<sup>-1</sup> mostrando anche una maggiore sensibilità alle variazioni delle condizioni climatiche.

Nel popolamento di *Montagna Spaccata* lo stato evolutivo era troppo avanzato e pertanto, data la buona fertilità e qualità del soprassuolo, è stato scelto un approccio diverso, atto a valorizzare l'intero popolamento e non singole piante. L'applicazione di un diradamento dal basso seguito da un secondo diradamento misto sembra avere progressivamente migliorato la struttura e la stabilità del soprassuolo. Il campione delle piante dominanti della parcella diradata ha mostrato accrescimenti solo leggermente superiori a quelle della parcella testimone evidenziando anche modeste capacità di reazione della chioma agli interventi. Con il secondo intervento sono state create condizioni favorevoli sia per i soggetti migliori, che dovrebbero lentamente reagire all'intervento, sia per le specie diverse da quella principale, migliorando la diversità specifica del popolamento. È importante considerare che per raggiungere dimensioni diametriche interessanti per il mercato (45-60 cm di diametro) saranno necessari tempi lunghi; ciò può costituire un problema per i popolamenti a prevalenza di frassino dove, al momento dell'utilizzazione finale, sarà possibile riscontrare un'alta percentuale di fusti interessati dal cuore nero, con deprezzamento degli assortimenti.

In relazione a quanto evidenziato in introduzione, l'applicazione di una tecnica selvicolturale non può prescindere dal contesto sociale, inteso nell'accezione più ampia del termine. Per questo è necessario che gli Enti Pubblici si facciano promotori non solo di azioni volte al sostegno economico dei proprietari ed all'attivazione di un mercato locale, ma anche di iniziative volte a colmare la mancanza di consapevolezza, dei

proprietari dei terreni riforestati, delle potenzialità derivanti da una gestione diversa dal ceduo.

È altrettanto importante rilevare che, sulla base delle evidenze sperimentali, con questo tipo di gestione a fustaia è sicuramente possibile associare alla produzione di legname di pregio anche una buona produzione di legna da ardere. Infatti la buona produttività dei popolamenti analizzati caratterizzati da incrementi correnti di volume (da 10,2 a 20,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>), incrementi medi di massa principale (da 3,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> a 5,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) e di massa totale (da 9,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> a 11,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) e di conseguenza da interessanti quantità di legna asportabile con i diradamenti (da 65 a 116,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) se si esclude il primo intervento realizzato nel popolamento più giovane (32,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Questa potenzialità consentirà di rispondere alle esigenze contingenti dei proprietari permettendo contemporaneamente l'accumulazione di un importante capitale, rappresentato dal legname di pregio, che a maturità costituirà un consistente valore aggiunto rispetto alla sola produzione di legna da ardere.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il personale dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura per la realizzazione dei rilievi e degli interventi: Enzo Ciampelli, Mario Ceccarelli, Eligio Bucchioni, Walter Cresti, Elisa Bianchetto. La Comunità Montana dell'Agno-Chiampo, ed in particolare Stefano Fontana, per la disponibilità ed il prezioso contributo nell'impostazione degli interventi. Un ringraziamento particolare va ai proprietari degli aceri-frassinetti, dove sono state realizzate le aree di saggio permanenti, perché senza la loro autorizzazione questa ricerca non sarebbe stata possibile. Infine si ringrazia il Prof. Piero Piussi e il Prof. Mario Pividori per la revisione critica del testo.

## Bibliografia

- BASTIEN Y., WILHELM G.J., 2000 – *Une sylviculture d'arbres pour produire des gros bois de qualité*. Rev. For. Fr., LII (5): 407-424. (traduzione italiana a cura di Silvia Bruschini In: Sherwood-Foreste ed alberi oggi, 86: 5-13)
- CARRARO G., MINUZZO M., SAVIO D. (a cura di), 2001 – *Montagna e gestione forestale nel Veneto*. Regione Veneto, Assessorato alle Politiche della Montagna, Venezia, 25 p.
- CHEIZE F., SARDIN T., 2005– *Designazione degli alberi obiettivo*. Sherwood –Foreste e Alberi Oggi, 117: 9-12.

- DE POURTALES F., 1987 - *Jeunes peuplements*. Forestier Suisse (9).
- DE SAINT-VAULRY M., 1969- *A la recherche d'une autre silviculture: l'individualisation précoce des arbres d'avenir*. Rev. For. Fr., XXI (2): 83-100.
- DEL FAVERO R., 2004 - *I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP Ed., Padova, 600 p.
- DEL FAVERO R. (a cura di) 2002 - *I tipi Forestali delle Lombardia*. Regione Lombardia, CIERRE Ed., Verona, 506 p.
- DEL FAVERO R., 2005 - *Considerazioni sulla gestione dei boschi alpini del latifoglie per la produzione di legname di qualità*. In: Foreste Ricerca Cultura. Scritti in onore di Orazio Ciancio. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 153-166.
- DEL FAVERO R., POLDINI L., BORTOLI P.L., LASEN C., DREOSSI G., VANONE G., 1998 - *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste, Udine, 490 p.
- DUFLOT H., 1995 - *Le frêne en liberté*. Institut pour le Développement Forestier, Paris, 192 p.
- FONTANA S., 1997 - *Boschi di neoformazione: un caso nelle Prealpi venete*. Sherwood- Foreste e Alberi Oggi, 23: 13-17.
- FONTANA S., 2007 - *Comunicazione personale*.
- GHIDOTTI M., PIUSSI P., 2000 - *Rimboschimento spontaneo di coltivi abbandonati nelle Prealpi Orbiche*. In: Atti II congresso SISEF, Bologna: 23-26.
- IPLA s.p.a. (a cura di), 2004 - *Tipi Forestali del Piemonte - metodologia e guida per l'identificazione*. Regione Piemonte, Torino, 204 p.
- KERR G., 1995 - *Silviculture of ash in southern England*. Forestry 68: 63-70.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI, 2007 - *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Prima parte: Le stime di superficie 2005*. CRA- Istituto Sperimentale per l'Assessment Forestale e per l'Alpicoltura, Trento: 39.
- MORI P., BRUSCHINI S., BURESTI LATTES E., GIULIETTI V., GRIFONI F., PELLERI F., RAVAGNI S., BERTI S., CRIVELLARO A., 2007 - *La selvicoltura delle specie sporadiche in Toscana*. Supporti tecnici alla Legge Regionale Forestale della Toscana 3. ARSIA, Firenze, 354 p.
- PELLERI, 2000- *Prova di diradamento e indagine auxometrica in un popolamento di neoformazione a prevalenza di Fraxinus excelsior L.* Ann. Ist. Sper. Selv. (XXIX 1998):17-28.
- PELLERI F., FONTANA S., 2004 - *Prove di diradamento in acero-frassinetti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo (Prealpi Vicentine)*. Ann. Ist. Sper. Selv. (2000) 31: 39-54.
- PELLERI F., FERRETTI F., SULLI M., 2003 - *Primi risultati di un'indagine sui boschi di neoformazione della Comunità Montana dell'Agno-Chiampo (VI)*. In: Atti III Congresso SISEF, Viterbo (2001): 471-476.
- PILARD-LANDEAU B., LEGOFF N., 1996 - *Sylviculture du frêne*. ONF- Bulletin Technique 31: 9-14.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. UTET, 415 p
- PIUSSI P., PETTENELLA D., 2000 - *Spontaneous afforestation of fallows in Italy*. In: NEWFOR- New Forests for Europe: Afforestation at the Turn of the Century, Norbert Weber (ed.), EFI Proceedings 35: 152-163.
- PIVODORI M., 2002 - *A thinning trial in ash and maple stands in the Triangolo Lariano region (Lombardia - Italy)*. In: International Conference on Management of Valuable Broadleaved Forests in Europe: Freiburg, 5-9 maggio 2002.
- POULAIN G., ROLLIER C., CANO B., 2004 - *Qualité du bois et sylviculture de l'ébène sycamore*. CRPF (Centre Regional de la Propriété Forestière Nord) Nord - Pas de Calais- Picardie, Amiens, 20 p.
- REGIONE VENETO, 2006 - *Carta Regionale dei tipi forestali: documento base*. Regione Veneto- Direzione regionale delle foreste e dell'Economia Ed., Venezia, 92 p.
- SCHÜTZ J.P., 1990 - *Sylviculture 1: principes d'éducation des forêts*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Losanna : 176-184.
- SMITH D.M., 1962 - *The practice of silviculture*. John Wiley & Sons New York.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., 2007 - *Biomassa dai boschi di neoformazione: casi di studio in Friuli-Venezia Giulia*. Sherwood - Foreste e alberi oggi, 135:45-49.
- WILHELM G.J., 2003 - *Qualification-grossissement: la stratégie sylvicole de Rhénanie-Palatinat*. RDV/ techniques, ONF, 1: 4-9.
- WILHELM M., 2005 - *Comunicazione personale*.
- WOLYNSKI A., 2005 - *I frassinetti un'occasione da non perdere*. Terra trentina 7: 37-39.



# Confronto tra metodi di diradamento in un impianto puro d farnia (*Quercus robur* L.)<sup>§1</sup>

Francesco Pelleri<sup>2</sup>, Serena Ravagni<sup>2</sup>, Enrico Buresti<sup>2\*</sup>

*Accettato il 10 aprile 2008*

**Riassunto** – Si riportano i primi risultati di un confronto tra metodi di diradamento eseguito nell'inverno 2001/02 in un impianto di farnia (*Quercus robur* L.). La piantagione aveva, al momento dell'intervento, 19 anni ed era stata sottoposta ad un precedente diradamento nel 1993. In questo secondo intervento sono state testate due modalità di diradamento: diradamento misto (eliminando circa il 50 % degli individui) e diradamento selettivo (eseguito attorno a 80 piante principali ad ettaro). Nonostante la diversa intensità di prelievo (rispettivamente 43% e 28% dell'area basimetrica) gli effetti delle due modalità di diradamento nel mantenere costanti gli accrescimenti diametrici delle piante principali, selezionate dopo l'intervento anche nelle parcelle diradate con metodo misto, sono risultati simili. Nei primi cinque anni le piante principali delle parcelle diradate hanno mantenuto incrementi diametrici medi annui intorno a 1.1 cm, senza mostrare differenze significative tra le due modalità di diradamento, mentre quelle del testimone sono progressivamente scese a 0,7 cm. Sulle piante principali, in seguito al diradamento e alla potatura, si sono sviluppati dei rami epicormici. In particolare, sulle parcelle diradate, il 68% delle piante principali presenta rami epicormici ma, solo sul 17% di queste, si sono riscontrati ricacci vigorosi. Nel testimone l'emissione dei rami epicormici si è verificata nel 62% delle piante, ma non si sono riscontrati ricacci vigorosi.

**Parole chiave:** arboricoltura, diradamenti, *Quercus robur* L., rami epicormici.

**Abstract** – Comparison between different thinning systems in a pure common oak plantation.- First results of thinning trials, in a 19 years old pure common oak plantation, carried out during winter 2001/2 are reported. A previous thinning had been applied in 1993. Two different thinning methods were tested: systematic-selective method (50% tree felling) and selective thinning method (felling around 80 target tree per hectare). In spite of different thinning intensity (43% and 28% of basal area) in order to keep constant the diameter increments of target trees, the effects of both methods were similar. During the first five years after thinning, the target trees in both thinned plots showed constant diameter increments around 1,1 cm, while in the control plot the diameter increment decreased progressively to 0,7 cm. After thinning and pruning, epicormic branches developed on target trees. In the specific, about 68% of target trees in the thinned plots are characterized by epicormic branches, although only the 17% are vigorous. In the control plot, 62% of target trees developed epicormic branches, none of them vigorous.

**Key words:** tree farming, thinning, common oak, epicormic branches.

*F.D.C.: 238 : 242 : 176.1 Quercus robur : 181.63*

## Introduzione

Molte piantagioni realizzate con il Regolamento UE 2080/92 hanno ormai raggiunto la fase di dimensionamento e necessitano di essere diradate. In particolare negli impianti realizzati in questo periodo le piante a legname pregiato non erano collocate a distanze definitive ed i diradamenti rappresentano il principale intervento colturale di questa fase evolutiva. Essi hanno la finalità di anticipare il manifestarsi di fenomeni di competizione negativa fra le piante, consentendo così, ai soggetti prescelti, di mantenere accrescimenti diametrici costanti; infatti, chiome ampie e libere dalla concorrenza, permettono di produrre accrescimenti

diametrici sostenuti e regolari nel tempo (NEBOUT 2006, KERR 1996, JOBLING e PEARCE 1977) presupposto fondamentale per produrre gli assortimenti di pregio richiesti nelle lavorazioni industriali (BERTI 1995).

In arboricoltura da legno, generalmente, si eseguono i seguenti tipi di diradamento (PELLERI *et al.* 2004):

- *Diradamento geometrico* - Le piante sono abbattute secondo un criterio spaziale definito a priori, seguendo generalmente la direzione di una fila o di una diagonale.
- *Diradamento misto (sistematico-selettivo)* - Prevede l'applicazione contemporanea di criteri geometrici e selettivi, nell'ambito dello stesso

§ Il lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto finalizzato RiSelvItalia finanziato dal Mipaf (Ricerca 2.1.14 - Il ruolo degli interventi di diradamento negli impianti di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio).

<sup>1</sup> Gli autori hanno contribuito in parti uguali all'impostazione e realizzazione del lavoro e alla valutazione dei risultati.

<sup>2</sup> CRA - Centro di Ricerca per la Selvicoltura - Arezzo.

\* Autore corrispondente: francesco.pelleri@entecra.it

intervento. Il tipico diradamento misto, applicato in arboricoltura, è il "geometrico a salti". Questo tipo di intervento associa la facilità di esecuzione del diradamento geometrico con la possibilità di risparmiare dal taglio un limitato numero di individui di ottima qualità per vigore e struttura architettonica, localizzati nelle file da abbattere. Al posto dell'individuo di pregio lasciato (cioè saltato), sono eliminati due dei soggetti più prossimi che ne potrebbero ostacolare lo sviluppo. Gli individui tagliati devono sempre trovarsi in posizione simmetrica rispetto alla pianta saltata: possono essere, quindi, le due piante più vicine delle file adiacenti o la pianta superiore e quella inferiore situate nella stessa fila del soggetto da favorire. Si tratta di un sistema di diradamento applicato ad impianti progettati con scelta posticipata, dove i soggetti che dovranno produrre i beni attesi come obiettivo dell'impianto (piante principali<sup>3</sup>) non sono alla densità definitiva ma, saranno individuate solo con l'ultimo diradamento.

In questa esperienza, tuttavia, al fine di rendere confrontabili le due modalità di diradamento scelte, si è provveduto, subito dopo il taglio, all'individuazione delle piante principali, che arriveranno alla fine del ciclo colturale, anche nelle parcelle in cui è stato applicato il diradamento geometrico con salti.

- *Diradamento selettivo (diradamento libero)*-L'applicazione di questa tecnica richiede innanzitutto l'individuazione delle piante principali; attorno a queste, attraverso l'eliminazione degli individui direttamente concorrenti, si rilasciano aree progressivamente più ampie così da consentire, alle piante principali, un equilibrato e armonioso sviluppo della chioma. Generalmente si eliminano i 2-4 soggetti più vicini alla pianta principale.

Al momento del primo intervento è possibile eseguire subito la selezione definitiva delle piante principali (50-100 ha<sup>-1</sup>) o si può decidere di selezionare un numero superiore di soggetti (detti potenzialmente principali) intorno alle quali verrà impostato l'intervento. In questo caso la scelta definitiva delle principali verrà fatta in una seconda fase.

Nel presente lavoro si riportano i primi risultati cinque anni dopo la realizzazione di un intervento (inverno 2001/02) finalizzato a confrontare due diverse modalità di diradamento (diradamento misto e diradamento selettivo) attraverso il monitoraggio dell'accrescimento delle piante principali.

L'obiettivo della ricerca è stato quello di verificare l'efficienza delle due modalità di diradamento nel conservare la costanza dell'accrescimento diametrico, valutando pregi e difetti dei due sistemi ed, in particolare, l'effetto di questi sull'emissione dei rami epicormici.

## Metodo di studio

Lo studio, svolto nell'ambito del progetto Finalizzato RiSelvItalia, è stato condotto in un impianto realizzato sui terreni delle discariche della miniera ENEL di S. Barbara nell'area del Valdarno aretino. L'area sperimentale, circa 2,0 ettari, è situata in località Vinesimo (Cavriglia - AR) ad un'altitudine di circa 160 metri s.l.m. Il clima della zona è caratterizzato da una piovosità media annua di 927 mm e da una temperatura media di 13 °C, con un periodo di aridità limitato al mese di luglio (BURESTI e FRATTEGANI 1994). Il suolo ha una tessitura limoso-argillosa, un pH sub-acido, una sufficiente dotazione dei principali elementi (N, P, K) ma una scarsa dotazione di calcio (BURESTI 1984).

L'impianto è stato realizzato nell'inverno del 1983 utilizzando semenzali di un anno di farnia di provenienza locale (Bosco dei Renacci). Il sesto di impianto adottato è quadrato con distanza di 3 metri. Nell'inverno del 1993 tutta l'area è stata interessata da un primo diradamento geometrico con utilizzazione del 50% degli individui (BEHEMAN DELL'ELMO e PIEGAI 1997).

Nel dicembre del 2001, dopo 9 anni dal primo intervento, si è deciso di realizzare un secondo diradamento mettendo a confronto due tipi di intervento:

- diradamento misto (geometrico a salti);
- diradamento selettivo localizzato attorno ad 80 piante principali ad ettaro.

Nel caso specifico sono state tagliate le più immediate concorrenti delle piante principali rilasciando gli individui dominati vicini a protezione del fusto.

<sup>3</sup> In arboricoltura da legno ad una pianta viene attribuito il ruolo di principale quando da essa è possibile ottenere almeno uno dei prodotti principali per cui è stata progettata la piantagione (BURESTI LATTES e MORI 2005). In questo caso si tratta di piante vigorose appartenenti al piano dominante, di buona conformazione del fusto e della chioma, distanziate generalmente tra loro 10-12 metri sulle quali si punta per ottenere la produzione di legname di pregio.



Con questo metodo l'intensità del taglio globalmente è inferiore ma localmente risulta simile a quella del diradamento misto.

Il confronto tra le due modalità di diradamento è avvenuto ricorrendo a uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni con parcelle elementari di circa 2500 m<sup>2</sup>. Inoltre è stata rilasciata una parcella testimone di 3200 m<sup>2</sup>.

Prima del diradamento è stato eseguito il rilievo del diametro a m 1,30 e la misura delle altezze sul 50% degli individui. Infine si sono delimitati tre transect di 720 m<sup>2</sup> (diradamento misto, diradamento selettivo e testimone). I dati qui rilevati sono stati elaborati tramite Autocad 13 (Autodesk) per determinare il grado di copertura delle chiome.

Nelle parcelle diradate con criterio selettivo, prima dell'intervento, sono state segnate le piante principali in modo da guidare gli operatori nelle operazioni di taglio. Durante le operazioni di taglio è stata eseguita la cubatura per sezioni di tutti i fusti abbattuti (306 alberi) che ha consentito di realizzare una tavola di cubatura ad una entrata, contemporaneamente sono stati valutati gli assortimenti ricavabili (legna da ardere e tronchetti da sega); in quest'ultima categoria sono stati inseriti i tronchi di base privi o con difetti trascurabili (nodi, curvature del fusto, ecc.) con una lunghezza minima di 2,5 m e un diametro in punta di almeno 15 cm.

Poiché l'impianto, negli anni precedenti, non era stato potato correttamente si è deciso, un anno dopo l'intervento di diradamento, di eliminare i rami sulle piante principali fino ad una altezza di 4-6 metri impalcando la chioma su una biforcazione o su un grosso ramo vitale.

L'effetto delle due modalità di diradamento è stato valutato analizzando l'accrescimento delle piante principali (diametro 1,30, altezza e dimensioni della chioma) che sono state selezionate, con una densità di circa 80 ed ettaro, sia nelle parcelle diradate che nel testimone. A diradamento ultimato sono stati eseguiti altri rilievi specifici sulle piante principali individuate nelle parcelle diradate e nel testimone misurando l'altezza di inserzione della chioma e proiezione della stessa con quattro raggi. Negli anni successivi, a fine stagione vegetativa, si è misurato il diametro delle piante principali determinandone l'incremento corrente.

Nel febbraio 2007 (dopo cinque stagioni vegetative) si è eseguito un secondo inventario misurando altezza

e diametro su tutta la piantagione secondo le modalità precedentemente utilizzate. Si sono inoltre ripetute le misurazioni nei transect e sulle chiome delle piante principali.

Per verificare l'effetto delle due modalità di diradamento i dati rilevati sulle piante principali sono stati elaborati con il software Statistica (StatSoft 1999) eseguendo l'analisi della varianza (ANOVA) secondo lo schema sperimentale adottato. Il confronto delle medie è stato fatto tramite il test HSD (honest significant difference) di Tukey eseguito per il confronto delle medie usando una significatività statistica pari a:  $\alpha = 0,05$ .

Nel febbraio 2007 sono state condotte delle osservazioni sull'emissione dei rami epicormici che si sono sviluppati in seguito alla realizzazione del diradamento e degli interventi di potatura. Per ogni pianta principale è stata valutata la presenza dei ricacci considerando tre classi (A= assente, S= scarsa e distribuita su più di metà del fusto > 1/2); la vigoria dei ricacci, anche questa secondo una ripartizione in tre classi (S= scarsa, M= media e F= forte), secondo una metodologia già precedentemente usata (BURESTI *et al.* 2000). Entità e vigore dei ricacci sono stati posti anche in relazione a profondità e area d'insidenza della chioma. L'elaborazione statistica è stata condotta tramite confronti a coppie applicando il test del  $\chi^2$ .

## Risultati e discussioni

### Analisi degli accrescimenti

Dall'analisi della tabella 1 è possibile verificare l'entità dei diradamenti e la risposta complessiva dell'impianto.

Nel diradamento misto si è eseguito un prelievo che ha interessato quasi tutte le classi diametriche ma tendenzialmente più concentrato nelle classi piccole ed intermedie (Figura 1). Ciò ha determinato un innalzamento del diametro medio da 18,5 a 20,2 (Tabella 1). Il prelievo è risultato elevato (52% in numero di piante e 43% in area basimetrica) e uniforme nell'area interessata. L'intervento ha determinato una distribuzione delle piante abbastanza omogenea (Figura 2).

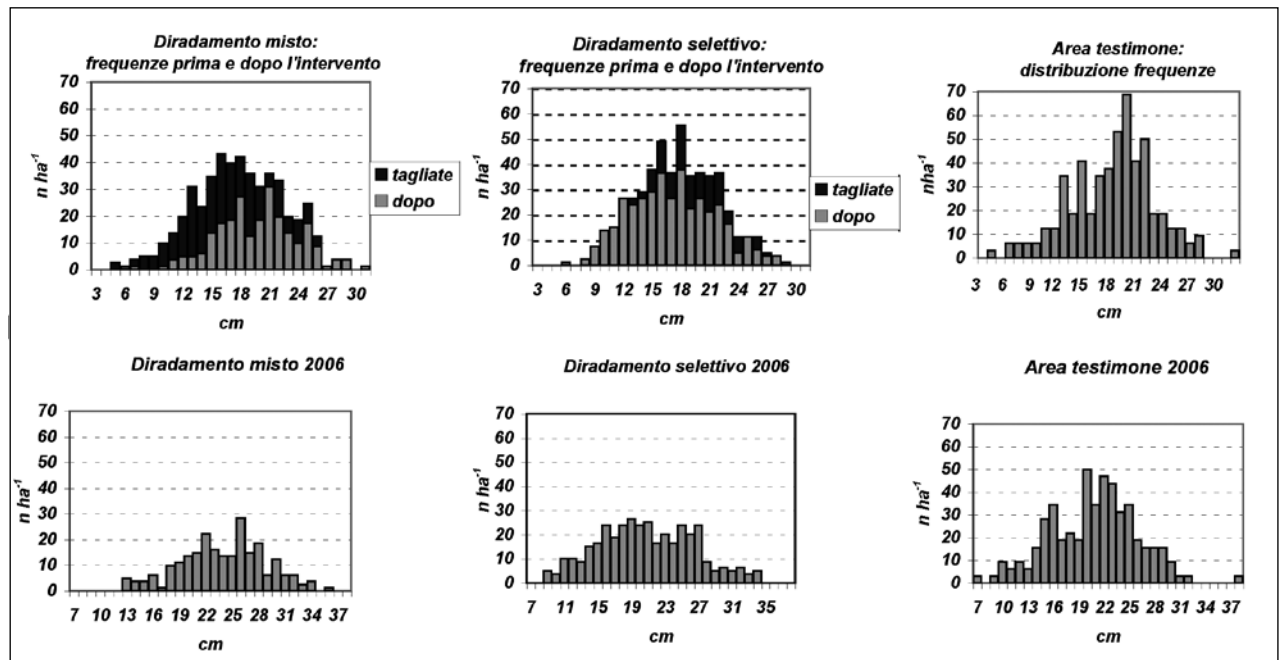
Nell'area interessata dal diradamento selettivo il prelievo si è concentrato nelle classi diametriche medie e grandi (Figura 1) determinando una riduzione del diametro medio da 18,2 a 17,7. In media sono state tagliate 1,5 piante concorrenti per pianta principale. L'entità del taglio è risultata più modesta (24% in nume-

**Tabella 1** - Principali parametri dendrometrici prima e dopo il secondo diradamento.  
*Mensurational parameters before and after second thinning*

		2° diradamento 2002							rilievi del 2006		
		prima	misto dopo	prel.	prima	selettivo dopo	prel.	testim.	misto	selettivo	testim.
Superf.	m <sup>2</sup>	8090	--	--	7940	--	--	3200	8090	7940	3200
piante	nha <sup>-1</sup>	496	240	256	510	388	122	531	235	373	500
prel. n	%	--	--	52%	--	--	24%	--	--	--	--
dmg	cm	18,5	20,2	16,9	18,2	17,7	19,7	18	24,5	21,6	21,5
Hmg	m	12,74	13,16	12,3	12,66	12,53	13,04	12,6	16,79	15,82	15,79
G	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	13,40	7,69	5,71	13,23	9,52	3,71	13,55	11,06	13,61	18,15
prel. G	%	--	--	43	--	--	28	--	--	--	--
V	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	81,74	47,46	34,28	80,31	57,57	22,7	82,30	70,63	85,378	113,63
prel. V	%	--	--	42	--	--	28	--	--	--	--
toppi sega	%	--	--	29	--	--	41	--	--	--	--
lcd	cm	0,63*	--	--	--	--	--	--	0,9	0,8	0,7
lcH	m	--	--	--	--	--	--	--	0,73	0,66	0,64
lcG	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	0,77*	--	--	--	--	--	--	0,67	0,82	0,92
lcVpr	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	6,31*	--	--	--	--	--	--	4,6	5,6	6,3

dmg diametro medio area basimetrica  
 Hmg H media di dmg  
 G area basimetrica

V volume  
 lcG incremento corrente di area basimetrica  
 lcV incremento corrente di volume (V2+Vu-V1)/n

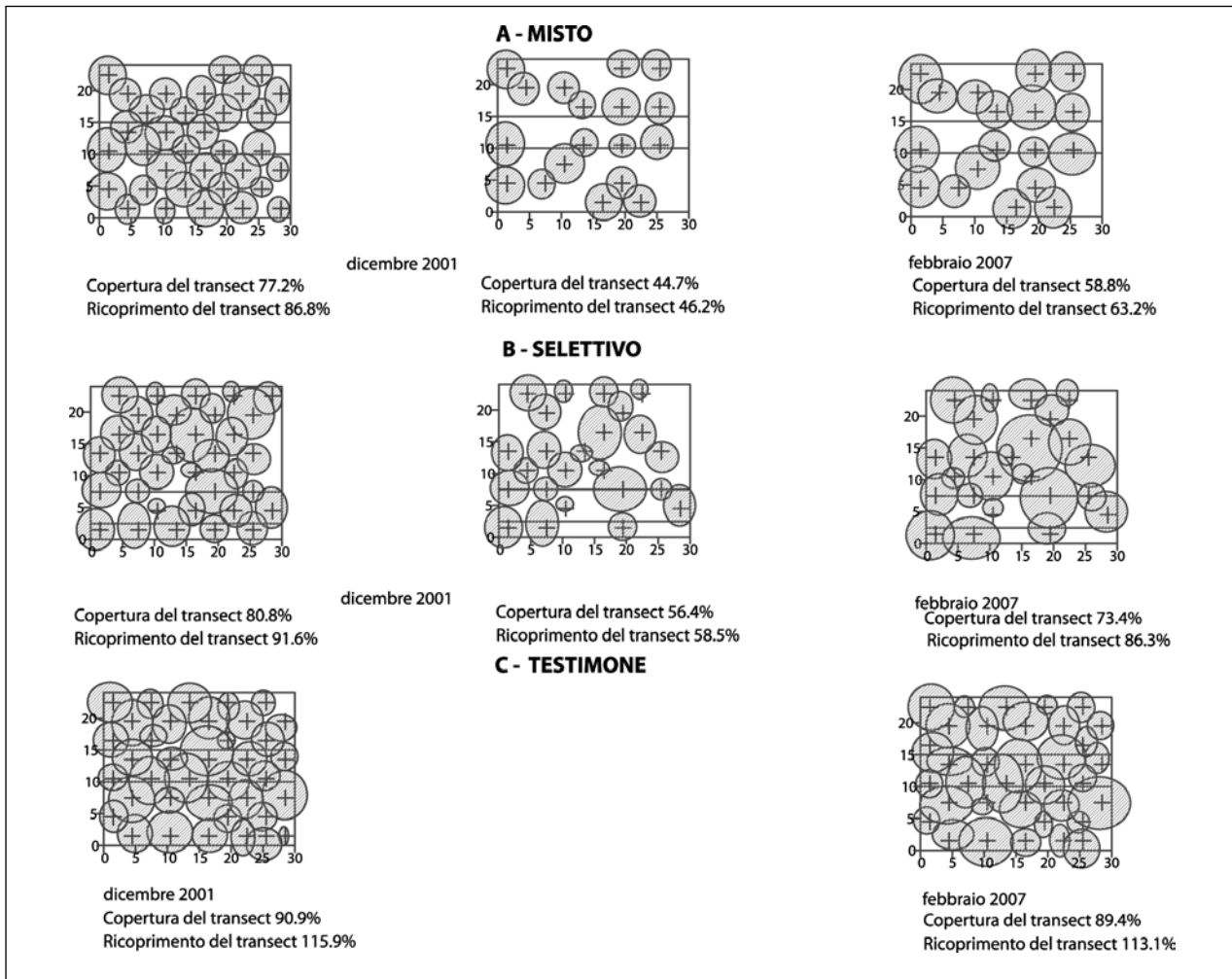


**Figura 1** - Distribuzione delle frequenze in classi diametriche e intensità del prelievo nei due inventari del 2001 e del 2006.  
*Frequency distribution per dbh classes and thinning amount in the two inventory (2001-2006).*

ro di piante e 28% in area basimetrica) e concentrata intorno alle piante principali (Tabella 1 e Figura 2).

Durante le fasi di taglio è stata realizzata una tavola di cubatura ad un'entrata, utilizzata per stimare il volume cormometrico dell'impianto (Figura 3). Con il diradamento selettivo si è prelevato solo il 28% del volume ma si è ottenuta una percentuale sensibilmente maggiore di tronchetti da sega, 41% rispetto al 29% ottenuta con il diradamento misto, in considerazione del prelievo concentrato prevalentemente sulle piante di diametro maggiore (Tabella 1).

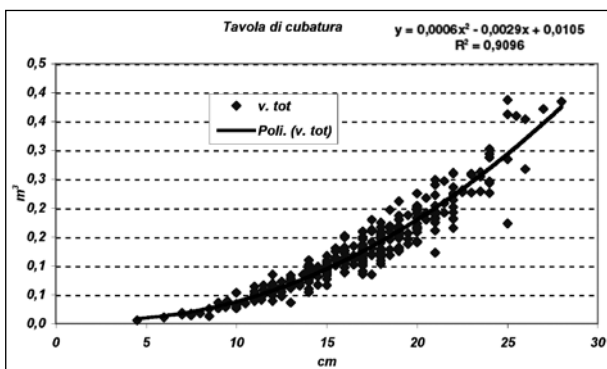
*L'inventario del 2006* - I rilievi eseguiti nel febbraio del 2007 hanno evidenziato una modesta mortalità delle piante dominate, in particolare il 6%, il 4% e il 2% rispettivamente nell'area testimone, in quella del diradamento selettivo e in quella del diradamento misto ed una buona risposta delle parcelle diradate ai diversi metodi di intervento. Infatti in solo cinque stagioni vegetative, nel diradamento misto, l'area basimetrica si è ricostituita raggiungendo l'83% di quella rilevata prima del diradamento, mentre è aumentata del 3% nel diradamento selettivo. Nel testimone l'area basimetri-



**Figura 2** - Struttura delle parcelle diradate e del testimone prima e dopo il diradamento.  
*Stand structure of thinned and control plots before and after thinning occurrence.*

ca è complessivamente aumentata del 34%.

Il diametro medio delle piante nelle parcelle diradate con metodo misto risulta sensibilmente superiore



**Figura 3** – Tavola di cubatura realizzata mediante la cubatura per sezioni di 306 alberi.  
*Plantation volume table produced with 306 trees.*

(24,5 cm) rispetto a quelle del selettivo e del testimone rispettivamente 21,6 e 21,5 cm. Nel testimone, in considerazione della maggiore densità, si sono riscontrati incrementi correnti di volume (IcV) abbastanza buoni ( $6,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ), mentre nelle parcelle diradate, rispettivamente con metodo selettivo e misto, sono stati rilevati valori più ridotti ( $5,6$  e  $4,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ).

Nel suo complesso la piantagione continua a crescere in modo sostenuto mostrando incrementi correnti di diametro da 0,7 a 0,9 cm ed incrementi correnti di altezza di circa 65-75 cm (Tabella 1).

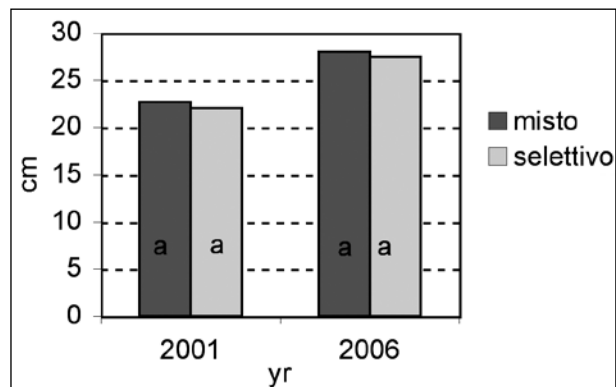
Dall'analisi della figura 2 si nota come a fine 2006 la copertura all'interno dei transect sia passata dal 44,7% al 58,8% nel diradamento misto, dal 56,4% al 73,4% nel diradamento selettivo, mentre è leggermente diminuita nel testimone, per effetto della mortalità e del progressivo innalzamento delle chiome, passando da 90,9% a 89,4%.

**Analisi dell'accrescimento delle piante principali nelle parcelle diradate**

**Diametro** - Per il diametro l'ANOVA non ha evidenziato differenze significative tra i due trattamenti; è risultata, al contrario, significativa per i blocchi (nel 2006) e sempre significativa per l'interazione (Tabella 2 e Figura 4).

Per i valori di incremento corrente di diametro, l'analisi ha evidenziato inizialmente (2002) delle differenze significative tra i due trattamenti a vantaggio del diradamento selettivo; tale significatività tuttavia, già dall'anno successivo fino al 2006, non si è più manifestata (Figura 5) e si sono mantenuti valori di incremento diametrico medio annuo intorno a 10 mm. L'effetto dei blocchi è risultato significativo solo per l'incremento corrente del 2004 e del 2006. L'interazione è significativa nel 2002, 2003 e 2006.

**Altezza** - Per questo parametro l'analisi ha mostrato che nel 2001, l'altezza delle piante principali nell'area sottoposta a diradamento misto, era significativamente più alta di quella riscontrata nella zona con trattamento selettivo. Ripetendo l'analisi con i dati del 2006 tale differenza viene confermata; al contrario non si sono evidenziate differenze significative



**Figura 4** - Variazione dei diametri delle principali: confronto dei valori medi con il test HSD.  
*Diameter variation of target trees: comparison with HSD test.*

fra i blocchi, mentre l'interazione è risultata sempre significativa (Tabella 2 e Figura 6).

**Rapporto H/D** - Nel 2001 l'ANOVA ha evidenziato differenze significative del rapporto di snellezza solo per i due trattamenti (Tabella 2 e Figura 7); le piante principali delle parcelle diradate con metodo selettivo, infatti, presentavano un coefficiente di snellezza più basso rispetto a quelle diradate con il metodo misto.

Nel 2006, invece, è risultato significativo sia l'effett-

**Tabella 2** - Risultati dell'analisi della varianza per i principali parametri misurati.  
*Analysis of variance of mensurational parameters.*

<b>D 2001</b>						<b>D 2006</b>					
Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.	Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.
blocchi	25,09	2	12,55	1,56	0,214	blocchi	66,80	2	33,40	3,10	<b>0,049</b>
trattamenti	11,81	1	11,81	1,47	0,228	trattamenti	7,64	1	7,64	0,71	0,402
interazione	53,79	2	26,90	3,35	<b>0,038</b>	interazione	114,15	2	57,08	5,29	<b>0,006</b>
errore	906,12	113	8,02			errore	1218,74	113	10,79		
totale	996,81	118	59,27			totale	1407,33	118	108,90		

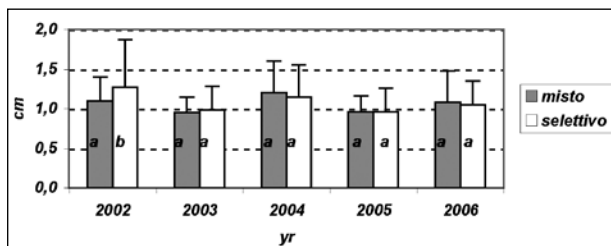
<b>H 2001</b>						<b>H 2006</b>					
Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.	Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.
blocchi	4,03	2	2,02	1,05	0,354	blocchi	8,15	2	4,08	1,6293	0,201
trattamenti	40,38	1	40,38	20,98	<b>1E-05</b>	trattamenti	55,08	1	55,08	22,01	<b>8E-06</b>
interazione	38,78	2	19,39	10,07	<b>9E-05</b>	interazione	86,19	2	43,10	17,221	<b>3E-07</b>
errore	217,51	113	1,92			errore	282,79	113	2,50		
totale	300,71	118	63,71			totale	432,22	118	104,76		

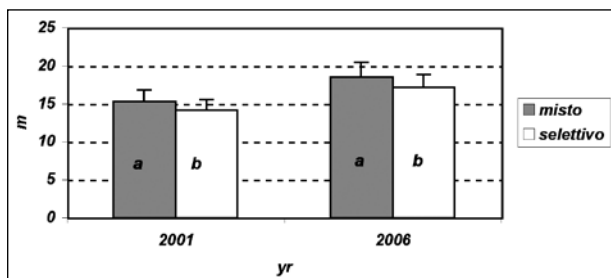
<b>H/D 2001</b>						<b>H/D 2006</b>					
Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.	Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.
blocchi	178,78	2	89,39	1,75	0,179	blocchi	302,09	2	151,05	3,09	0,049
trattamenti	395,55	1	395,55	7,73	<b>0,0064</b>	trattamenti	468,22	1	468,22	9,58	0,002
interazione	74,69	2	37,35	0,73	0,4844	interazione	130,61	2	65,30	1,34	0,267
errore	5784,51	113	51,19			errore	5524,52	113	48,89		
totale	6433,53	118	573,47			totale	6425,43	118	733,46		

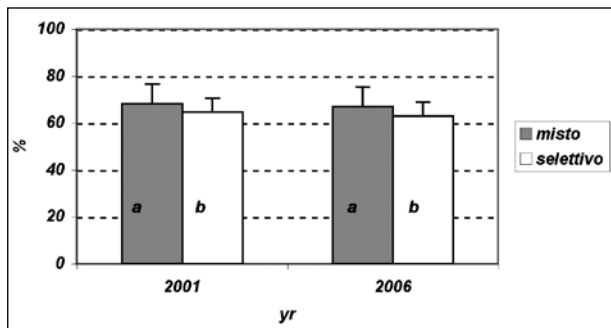
<b>prof. ch. 2006</b>					
Origine	Dev.	g.l.	Var.	f	signif.
blocchi	40,50	2	20,25	2,17	0,119
trattamenti	83,43	1	83,43	8,93	<b>0,003</b>
interazione	22,25	2	11,13	1,19	0,308
errore	1055,24	113	9,34		
totale	1201,42	118	124,14		



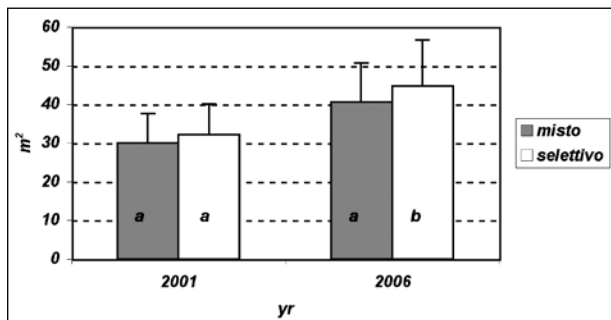
**Figura 5** - Incremento corrente di diametro: confronto dei valori medi con il test HSD.  
 Diameter increment: comparison with HSD test.



**Figura 6** - Variazione dell'altezza e confronto con il test HSD.  
 Height variation: comparison with HSD test.



**Figura 7** - Variazione del rapporto H/D: confronto dei valori medi con il test HSD.  
 H/D ratio variation: comparison with HSD test.



**Figura 8** - Variazione dell'area d'insidenza della chioma: confronto dei valori medi con il test HSD.  
 Crown dimensions variation: comparison with HSD test.

to dei trattamenti che dei blocchi; le piante delle parcelle diradate con metodo selettivo risultano ancora quelle con H/D più basso.

*Area d'insidenza della chioma* - Nel 2001 l'ANOVA ha evidenziato differenze significative solo tra i blocchi, mentre nel 2006 sono risultati significativi tutti i fattori (Tabella 2 e Figura 8).

### Confronto fra parcelle diradate e testimone

Confrontando i dati raccolti sulle piante principali delle aree diradate con quelli ottenuti nella parcella testimone, si è cercato di valutare l'effetto dell'intervento di diradamento; a questo scopo, si riportano (Tabella 3) i valori medi dei parametri dendrometrici rilevati sulle piante principali ed i risultati del test HSD di Tukey eseguito per il confronto delle medie tra parcelle diradate e testimone.

Al momento dell'intervento (dicembre 2001) le piante principali presentavano dimensioni diametriche omogenee, mentre si differenziavano per altezza, rapporto H/D ed area d'insidenza della chioma. Le piante principali selezionate nel testimone erano mediamente più basse, con un rapporto di snellezza più basso e con area d'insidenza maggiore; le piante delle parcelle diradate con il diradamento misto risultavano più alte, con rapporto H/D maggiore e con minore area d'insidenza della chioma. Gli individui selezionati nelle parcelle diradate selettivamente si collocavano in posizione intermedia.

*Diametro* - Gli incrementi diametrici rilevati fra il 2001 e il 2006, come già detto, sono risultati omogenei nelle aree sottoposte a diradamento, mentre tendono a differenziarsi progressivamente da quelli riscontrati nella parcella testimone. A fine 2005, probabilmente in seguito al progressivo aumento della competizione, l'incremento diametrico delle piante principali del testimone si è ridotto notevolmente, raggiungendo valori pari al 60% di quello rilevato nelle parcelle diradate. Nel complesso, comunque, gli accrescimenti delle piante principali, selezionate nelle parcelle diradate, si mantengono più sostenuti e costanti.

*Altezza* - Per quanto riguarda l'altezza i rilievi di fine 2006 hanno evidenziato un aumento dell'altezza, nel testimone, più sostenuto rispetto a quanto avvenuto nelle parcelle diradate. Questo probabilmente è giustificato dalla maggiore densità a cui si trovano gli individui del testimone, che può aver stimolato le piante ad accrescersi maggiormente in altezza. Ciò ha consentito il recupero del *gap* iniziale da parte delle

**Tabella 3** - Valori medi dei parametri dendrometrici misurati sulle piante principali e loro confronto mediante test HSD di Tukey.  
*Comparison of mensurational parameter of target trees with HSD Tukey test.*

trattamento	diametro (D) ± dev. std.											
	D 2001 (cm)	HSD	D 2002 (cm)	HSD	D 2003 (cm)	HSD	D 2004 (cm)	HSD	D 2005 (cm)	HSD	D 2006 (cm)	HSD
misto	22,7±3,0	a	23,8±3,1	a	24,8±3,2	a	26,0±3,3	a	26,9±3,4	a	28,0±3,6	a
selettivo	22,0±2,8	a	23,3±2,9	a	24,2±3,0	a	25,4±3,1	ab	26,4±3,2	ab	27,4±3,3	a
testimone	21,4±3,1	a	22,3±3,1	a	23,1±3,0	a	24,0±3,1	b	24,6±3,1	b	25,4±3,1	b
trattamento	incrementi correnti di diametro (IcD) ± dev. Std										HSD	
	IcD 2002 (cmyr <sup>-1</sup> )	HSD	IcD 2003 (cmyr <sup>-1</sup> )	HSD	IcD 2004 (cmyr <sup>-1</sup> )	HSD	IcD 2005 (cmyr <sup>-1</sup> )	HSD	IcD 2006 (cmyr <sup>-1</sup> )	HSD		
misto	1,1±0,3	a	1,0±0,2	a	1,2±0,4	a	1,0±0,2	a	1,1±0,4	a		
selettivo	1,3±0,6	a	1,0±0,3	a	1,1±0,4	a	1,0±0,3	a	1,1±0,3	a		
testimone	1,0±0,5	a	0,8±0,2	b	0,9±0,4	b	0,6±0,2	b	0,8±0,3	b		
trattamento	altezza totale (H), altezza potatura (H pot), rapporto ipsodiametrico (H/D) ± dev. Std											
	H 2001 (m)	HSD	H 2006 (m)	HSD	H/D 2001	HSD	H/D 2006	HSD	IcH 01-06 (cm)	HSD	H pot. 06 (m)	HSD
misto	15,3±1,5	a	18,5±1,9	a	68±8	a	67±8	b	64±19	a	5,3±1,0	a
selettivo	14,1±1,4	b	17,1±1,7	b	65±6	b	63±5	a	60±18	a	5,4±0,8	a
testimone	12,5±0,9	c	16,8±1,5	b	59±8	c	67±9	b	86±22	b	5,6±0,8	a
trattamento	area d'insidenza della chioma (A ins ch), profondità della chioma (Pr ch) ± dev. Std											
	A ins.ch 01 (m <sup>2</sup> )	HSD	A ins.ch 06 (m <sup>2</sup> )	HSD	Ic A ins ch 01-06 (m <sup>2</sup> )	HSD	Pr ch 06 (%)	HSD				
misto	30,0± 7,7	a	40,6±10,2	a	10,6±6,4	b	57,5±3,5	b				
selettivo	32,1± 7,9	a	44,5±11,9	a	12,3±8,4	b	55,9±2,7	a				
testimone	40,2±12,5	b	41,0±10,9	a	0,8±7,4	a	54,6±2,6	a				

piante della parcella testimone che, in solo cinque stagioni vegetative, hanno raggiunto le altezze delle piante principali selezionate nelle parcelle diradate con metodo selettivo.

*Area d'insidenza della chioma* - Le piante principali del testimone presentano, tra i due inventari, un incremento di area d'insidenza delle chiome minimo (0,8 m<sup>2</sup>), probabilmente in considerazione della maggiore densità dei fusti e del più elevato grado di copertura della piantagione; al contrario, si è rilevato un notevole aumento dell'area di incidenza delle chiome nelle piante diradate, sia con metodo selettivo sia misto, rispettivamente 12,3 e 10,6 m<sup>2</sup> in cinque anni.

Riassumendo, nella parcella testimone si osserva, tra i due inventari, una progressiva riduzione dell'incremento diametrico delle piante principali, un maggiore accrescimento in altezza e, infine, uno scarso allargamento delle chiome a causa della forte compressione.

Dal confronto degli accrescimenti delle piante principali, presenti nelle aree sottoposte a diradamento, con quelle del testimone, emerge un effetto positivo del diradamento nel mantenere gli accrescimenti diametrici sostenuti e abbastanza regolari nel tempo. Nel testimone, al contrario, si riscontra una progressiva riduzione degli incrementi diametrici medi annui. Questo probabilmente è legato alla forte compressione delle chiome, evidente nella parcella testimone, che

ne riduce la superficie esposta alla luce.

#### *Rami epicormici*

I dati relativi a presenza e vigoria dei rami epicormici sono stati analizzati confrontando le distribuzioni con il test del  $\chi^2$ ; nel caso specifico il test ha evidenziato un'associazione tra tipo di trattamento (selettivo, misto e testimone) e presenza e vigoria dei ricacci sul fusto (Tabella 4). Le frequenze riscontrate nel testimone sono significativamente diverse rispetto a quella verificate nelle parcelle diradate che risultano omogenee tra loro. Nelle parcelle diradate il 68% delle piante principali ha emesso rami epicormici contro il 62% di quelle del testimone. Complessivamente nelle parcelle diradate il 27% delle piante principali presenta ricacci su più della metà del fusto, mentre nel testimone non si sono rilevate piante con questa diffusione di ricacci. Sempre nelle parcelle diradate il 18% delle piante principali presenta ricacci vigorosi mentre questi non sono presenti nel testimone.

Sempre con il  $\chi^2$  sono state valutate eventuali associazioni tra presenza, vigoria dei ricacci e caratteri delle piante principali diradate, previo raggruppamento in classi dei seguenti parametri:

- area d'insidenza della chioma in m<sup>2</sup> (<40, 40-50, >50);
  - profondità della chioma in % (<65, 65-70, >70);
- Il test del  $\chi^2$  (Tabella 5) ha evidenziato un'asso-

**Tabella 4** - Presenza e vigoria dei ricacci in funzione del tipo di diradamento.  
*Relations between presence and vigour of epicormic branches and thinning systems.*

tratt.	presenza ricacci sul fusto				tratt.	F	vigoria ricacci		
	A	S	>1/2	Totale			M	S	Totale
misto	18	18	19	55	misto	7	16	14	37
selet.	20	31	13	64	selet.	7	17	20	44
test.	8	13		21	test.		1	12	13
Totale	46	62	32	140	Totale	14	34	46	94
$\chi^2 = 11,87^*$		0,02 > p > 0,01		$\chi^2 = 11,91^*$		0,02 > p > 0,01			

ciazione significativa tra vigoria dei ricacci e classi di profondità della chioma ( $\chi^2 = 13,20^*$ ) e valori prossimi alla significatività ( $0,02 > p > 0,01$ ) tra la presenza dei ricacci sia con l'area d'insidenza che con la profondità della chioma. In particolare le piante con chiome profonde (> 70%) e area d'insidenza della chioma ampia (> 50 m2) sembrano essere meno soggette a emettere ricacci.

La farnia è una specie molto suscettibile all'emissione di ricacci, quando si trova bruscamente esposta alla luce, come avviene in seguito ad un diradamento. Tale caratteristica tende ad attenuarsi in presenza di piante con chiome profonde e ben equilibrate (HUBERT e COURRAUD *op. cit.*, BURESTI *et al. op. cit.*). Per questa ragione è fondamentale eseguire interventi di potatura tempestivi e progressivi nel tempo, al fine di ottenere piante con tali caratteristiche della chioma, che reagiscano meno intensamente ad una repentina esposizione alla luce. Potrebbe essere utile, al fine di contenere questo problema, favorire il mantenimento di un soprassuolo accessorio che ombreggi i fusti delle querce, limitando l'emissione di rami epicormici.

## Conclusioni

Il confronto tra i due metodi di diradamento testati ci consente di effettuare una serie di considerazioni.

### Diradamento misto

- Ha il vantaggio di rimandare la scelta delle piante principali all'ultimo intervento di diradamento, mantenendo più a lungo la possibilità di conservare gli individui effettivamente migliori.
- Negli impianti dove il materiale ottenuto dai diradamenti ha un mercato ed è facilmente vendibile, è conveniente eseguire questo tipo di diradamento con il quale è possibile ottenere un maggior quantitativo di legna da ardere e quindi anticipare un reddito.
- Dopo il secondo diradamento rimane una certa omogeneità nella distribuzione nella disposizione

delle piante.

- Poiché la scelta delle piante principali non si effettua precocemente, tutti gli individui dovranno essere sottoposti a potatura, anche quelli che cadranno al taglio negli interventi di diradamento successivi.

### Diradamento selettivo

- Effettuando precocemente la scelta delle piante principali, le potature potranno concentrarsi solo sugli individui che raggiungeranno la fine del ciclo

**Tabella 5** - Presenza e vigoria dei ricacci in funzione dei parametri della chioma.  
*Relations between presence and vigour of epicormic branches and crown parameters.*

classi area insidenza	presenza ricacci sul fusto			
	A	S	>1/2	Totale
<40	15	21	18	54
40-50	13	14	12	39
>50	10	14	2	26
Totale	38	49	32	119
$\chi^2 = 6,62$		ns		0,20 > p > 0,10

classi presenza prof. chioma	ricacci sul fusto			
	A	S	>1/2	Totale
<65	6	9	8	23
65-70	10	16	15	41
>70	22	24	9	55
Totale	38	49	32	119
$\chi^2 = 6,48$		n.s.		0,20 > p > 0,10

classi area insidenza	vigoria ricacci			
	S	M	F	Totale
<40	16	16	7	39
40-50	9	11	6	26
>50	9	6	1	16
Totale	34	33	14	81
$\chi^2 = 2,82$		n.s.		0,70 > p > 0,50

classi prof. chioma	vigoria ricacci			
	S	M	F	Totale
<65	8	5	4	17
65-70	6	17	8	31
>70	20	11	2	33
Totale	34	33	14	81
$\chi^2 = 13,20^{**}$				0,02 > p > 0,01

- colturale, con un notevole risparmio economico.
- Può capitare che si verifichino problemi sulle piante principali che ne compromettono la qualità o la vitalità; in questo caso, diventa difficile sostituirle con nuove piante principali e conseguentemente diminuisce il numero di soggetti che arriveranno alla fine del ciclo produttivo con una riduzione dei benefici attesi.
  - Negli impianti dove si ha difficoltà a piazzare sul mercato tali assortimenti può essere conveniente optare per un diradamento selettivo.

A conclusione è utile ricordare che oggi, con l'evoluzione delle conoscenze acquisite in arboricoltura da legno, difficilmente verrebbe realizzato un impianto con caratteristiche analoghe a quello oggetto di tale articolo. Gli studi e le esperienze effettuate in questi anni, infatti, suggeriscono l'importanza di realizzare piantagioni in cui le piante principali si trovino già alle distanze definitive, risparmiando così notevolmente su cure colturali (potatura limitata alle sole piante principali). Inoltre per ottenere, con una più alta probabilità, una pianta con le caratteristiche richieste in una determinata posizione dell'impianto, si utilizza generalmente una coppia di piante, poste a distanza ravvicinata, su cui si effettua precocemente la selezione.

### Ringraziamenti

Si ringrazia il personale del CRA – Centro di Ricerca per la Selvicoltura per la realizzazione dei rilievi e degli interventi: Enzo Ciampelli, Claudio Bidini,

Mario Ceccarelli, Eligio Bucchioni, Walter Cresti, Mario Folla.

### Bibliografia

- BERTI S., 1995 - *Caratteristiche tecnologiche e qualità del legno*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, n.3: 39-43.
- BEHEMAN DELL'ELMO G., PIEGAI F., 1997 - *I lavori di utilizzazione in arboricoltura da legno con latifoglie di pregio: prime esperienze*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, n. 25: 5-11.
- BURESTI E. 1984 - *Il restauro forestale delle discariche minerarie dell'ENEL – Miniera di Santa Barbara nel Valdarno*. An. Ist. Sper. Selv., XV: 155-170.
- BURESTI E., FRATTEGANI M., 1994 - *Impianti misti in arboricoltura da legno. Primi risultati in un impianto di farnia (*Quercus robur* L.) e ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.)*. Ann. Ist. Sper. Selv., XXIII (1992), Arezzo: 183-199.
- BURESTI E., DE MEO I., PELLERI F., 2000 - *Criteri e risultati di un diradamento in un impianto di arboricoltura da legno farnia (*Quercus robur* L.)*. An. Ist. Sper. Selv. (XXIX 1998).
- BURESTI LATTES E., MORI P., 2005 - *Glossario seconda parte*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi. 110:
- HUBERT M., COURRAUD R., 1998 - *Elagage e taille de formation des arbres forestiers*. I.D.F., Paris, pp. 303
- JOBLING J., PEARCE M.L., 1977 - *Free growth of oak*. Forestry Commission Forest Record No 113. HMSO, London, 16 pp.
- NEBOUT J.P., 2006 - *Des chênes en croissance libre: bilan et perspectives*. Bollettin 3 Set. 2006, LII, Société Forestière de Franche-Comté: 103-135.
- PELLERI F., RAVAGNI S., BURESTI LATTES E., MORI P., 2004 - *Diradamenti*. In "Conduzione e valutazione degli impianti di arboricoltura da legno" a cura di E. Buresti Lattes e Paolo Mori. Edizioni Arsia: 64-73.
- KERR G., 1996 - *The effect of heavy or 'free growth' thinning on oak (*Q. petraea* and *Q. robur*)*. Forestry, Vol.69, 4: 303-317.



ALLEGATO 1- ANOVA a due vie dei parametri dendrometrici misurati e confronto delle medie delle parcelle diradate mediante test HSD di Turkey (alfa = 0.05)

ALLEGATO 1

ALLEGATO 1												
D 2001	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2001	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	12,546	113	8,019	1,56	0,214	1m	21,3	a	m	22,68	a
trattamenti	1	11,806	113	8,019	1,47	0,228	3s	21,6	a			
interazione	2	26,897	113	8,019	3,35	<b>0,038</b>	1s	22,2	a	blocco	D_2001	HSD
							2s	22,3	a	1	21,73	a
							2m	22,8	a	2	22,58	a
							3m	23,9	a	3	22,79	a
D 2002	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2002	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	18,317	113	8,342	2,2	0,116	1 m	22,2	a	m	23,78	a
trattamenti	1	6,2528	113	8,342	0,75	0,388	3 s	22,8	ab			
interazione	2	36,545	113	8,342	4,38	<b>0,015</b>	1 s	23,3	ab	blocco	D_2002	HSD
							2 m	23,8	ab	1	22,77	a
							2 s	23,9	ab	2	23,83	a
							3 m	25,3	b	3	24,04	a
D 2003	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2003	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	21,016	113	8,838	2,38	0,097	1m	23,1	a	m	24,73	a
trattamenti	1	5,5562	113	8,838	0,63	0,43	3s	23,7	a			
interazione	2	41,738	113	8,838	4,72	<b>0,011</b>	1s	24,3	ab	blocco	D_2003	HSD
							2m	24,7	ab	1	23,68	a
							2s	25,0	ab	2	24,81	a
							3m	26,4	b	3	25,04	a
D 2004	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2004	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	27,775	113	9,434	2,94	0,057	1m	24,3	a	m	25,93	a
trattamenti	1	7,0455	113	9,434	0,75	0,389	3s	25,0	a			
interazione	2	44,532	113	9,434	4,72	<b>0,011</b>	1s	25,3	ab	blocco	D_2004	HSD
							2m	25,7	ab	1	24,77	a
							2s	26,1	ab	2	25,88	ab
							3m	27,8	b	3	26,40	b
D 2005	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2005	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	26,882	113	10,06	2,67	0,073	1m	25,25	a	m	26,89	a
trattamenti	1	6,9836	113	10,06	0,69	0,407	3s	25,90	a			
interazione	2	46,332	113	10,06	4,61	<b>0,012</b>	1s	26,27	ab	blocco	D_2005	HSD
							2m	26,59	ab	1	25,76	a
							2s	27,04	ab	2	26,82	a
							3m	28,83	b	3	27,37	a
D 2006	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	D_2006	HSD	s	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	33,398	113	10,79	3,1	<b>0,049</b>	1m	26,19	a	m	27,97	a
trattamenti	1	7,6434	113	10,79	0,71	0,402	3s	26,96	a			
interazione	2	57,075	113	10,79	5,29	<b>0,006</b>	1s	27,33	ab	blocco	D_2006	HSD
							2m	27,52	ab	1	26,76	a
							2s	28,09	ab	2	27,81	ab
							3m	30,18	b	3	28,57	b
IcD 2002	gdl	MS	gdl	MS	interazione			tratt.	ICD 2002	HSD	m	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco					
blocchi	2	0,5641	113	0,208	2,71	0,071	1m	0,94	a	s	1,27	b
trattamenti	1	0,8749	113	0,208	4,21	<b>0,043</b>	2m	0,98	a			
interazione	2	1,5489	113	0,208	7,45	<b>9E-04</b>	3s	1,13	ab	blocco	ICD 2002	HSD
							1s	1,15	ab	1	1,04	a
							3m	1,37	ab	2	1,25	a
							2s	1,53	b	3	1,25	a

segue allegato 1

<i>IcD 2003</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		ICD 2003	HSD	tratt.	ICD 2003	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	bloc	tratt.			m	0,95	a
blocchi	2	0,0938	113	0,06	1,57	0,212	2m	0,86	a		s	0,98	a
trattamenti	1	0,0206	113	0,06	0,35	0,558	1m	0,91	ab				
interazione	2	0,3848	113	0,06	6,46	<b>0,002</b>	1s	0,91	ab	blocco	ICD 2003	HSD	
							3s	0,92	ab		1	0,91	a
							3m	1,08	ab		2	0,98	a
							2s	1,09	b		3	1,00	a
<i>IcD 2004</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		ICD 2004	HSD	tratt.	ICD 2004	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	bloc	tratt.			s	1,15	a
blocchi	2	1,0494	113	0,12	8,72	<b>3E-04</b>	2m	1,03	a		m	1,20	a
trattamenti	1	0,0883	113	0,12	0,73	0,393	1s	1,04	a				
interazione	2	0,1546	113	0,12	1,28	0,281	2s	1,12	ab	blocco	ICD 2004	HSD	
							1m	1,14	ab		2	1,07	a
							3s	1,28	ab		1	1,09	a
							3m	1,44	b		3	1,36	b
<i>IcD 2005</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		ICD 2005	HSD	tratt.	ICD 2005	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	blocco	tratt.			m	0,96	a
blocchi	2	0,0261	113	0,082	0,32	0,728	2m	0,89	a		s	0,96	a
trattamenti	1	0,0001	113	0,082	0	0,968	2s	0,97	a				
interazione	2	0,0466	113	0,082	0,57	0,569	1s	0,98	a	blocco	ICD 2005	HSD	
							1m	0,99	a		2	0,93	a
							3s	0,94	a		1	0,99	a
							3m	0,99	a		3	0,97	a
<i>IcD 2006</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		ICD 2006	HSD	tratt.	ICD 2006	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	blocco	tratt.			s	1,05	a
blocchi	2	0,5863	113	0,094	6,22	<b>0,003</b>	2m	0,93	a		m	1,08	a
trattamenti	1	0,0149	113	0,094	0,16	0,692	1m	0,94	a				
interazione	2	0,5679	113	0,094	6,03	<b>0,003</b>	2s	1,05	a	blocco	ICD 2006	HSD	
							3s	1,06	a		2	0,99	a
							1s	1,06	a		1	1,00	a
							3m	1,35	b		3	1,20	b
<i>A Ins CH 2001</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		AIN 2001	HSD	tratt.	AIN 2001	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	blocco	tratt.			s	32,18	a
blocchi	2	227,80	113	58,28	3,91	<b>0,023</b>	1m	26,03	a		m	29,98	a
trattamenti	1	142,54	113	58,28	2,45	0,121	1s	30,58	ab				
interazione	2	44,525	113	58,28	0,76	0,468	2m	31,81	ab	blocco	AIN 2001	HSD	
							3m	32,11	ab		1	28,31	a
							3s	32,59	ab		3	32,35	b
							2s	33,37	b		2	32,59	b
<i>A Ins Ch 2006</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		AIN 2006	HSD	tratt.	AIN 2006	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	blocco	tratt.			m	40,51	a
blocchi	2	422,45	113	112	3,77	<b>0,026</b>	1m	33,26	a		s	44,65	b
trattamenti	1	505,51	113	112	4,52	<b>0,036</b>	3s	41,52	ab				
interazione	2	592,2	113	112	5,29	<b>0,006</b>	2m	42,89	ab	blocco	AIN 2006	HSD	
							1s	44,60	b		1	38,93	a
							3m	45,38	b		3	43,45	ab
							2s	47,83	b		2	44,36	b
<i>Ic Ins Ch(01-06)</i>	gdl	MS	gdl	MS	interazione		tratt.		Ic ins Ch	HSD	tratt.	Ic ins Ch	HSD
	Effetto	Effetto	Error	Error	F	p-level	blocco	tratt.			m	10,53	a
blocchi	2	48,51	113	52,23	0,93	0,398	1m	7,23	a		s	12,47	a
trattamenti	1	111,19	113	52,23	2,13	0,147	3s	8,93	ab				
interazione	2	331,04	113	52,23	6,34	<b>0,002</b>	2m	11,08	ab	blocco	Ic ins Ch	HSD	
							3m	13,27	b		1	10,62	a
							1s	14,02	b		3	11,10	a
							2s	14,46	b		2	12,77	a

segue allegato 1

<b>H 2001</b>														
	gdl	MS	gdl	MS			interazione					tratt.	H 2001	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco	tratt.	H 2001	HSD		s	14,13	a
blocchi	2	2,0174	113	1,925	1,05	0,354	3s		13,61	a		m	15,30	b
trattamenti	1	40,379	113	1,925	21	<b>1E-05</b>	2s		14,23	ab				
interazione	2	19,392	113	1,925	10,1	<b>9E-05</b>	1s		14,57	ab	blocco	H 2001	HSD	
							1m		14,68	ab	1	14,56	a	
							2m		14,89	b	3	14,63	a	
							3m		16,34	c	2	14,97	a	
<b>H 2006</b>														
	gdl	MS	gdl	MS			interazione					tratt.	H 2006	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco	tratt.	H 2004	HSD		s	17,15	a
blocchi	2	4,0774	113	2,503	1,63	0,201	3s		16,30	a		m	18,52	b
trattamenti	1	55,08	113	2,503	22	<b>8E-06</b>	2m		17,52	ab				
interazione	2	43,097	113	2,503	17,2	<b>3E-07</b>	2s		17,56	ab	blocco	H 2006	HSD	
							1s		17,60	ab	2	17,54	a	
							1m		17,99	b	1	17,79	a	
							3m		20,05	c	3	18,17	a	
<b>H/D 2001</b>														
	gdl	MS	gdl	MS			interazione					tratt.	H/D 2001	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco	tratt.	H/D 2001	HSD		s	64,6	a
blocchi	2	89,388	113	51,19	1,75	0,179	3s		63,5	a		m	68,2	b
trattamenti	1	395,55	113	51,19	7,73	<b>0,006</b>	2s		64,3	ab				
interazione	2	37,347	113	51,19	0,73	0,484	2m		65,8	ab	blocco	H/D 2001	HSD	
							1s		65,9	ab	2	65,0	a	
							3m		68,7	ab	3	66,1	a	
							1m		70,2	b	1	68,0	a	
<b>H/D 2006</b>														
	gdl	MS	gdl	MS			interazione					tratt.	H/D 2006	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco	tratt.	H/D 2004	HSD		s	63,0	a
blocchi	2	151,05	113	48,89	3,09	<b>0,049</b>	3s		61,11	a		m	67,0	b
trattamenti	1	468,22	113	48,89	9,58	<b>0,002</b>	2s		63,24	ab				
interazione	2	65,303	113	48,89	1,34	0,267	2m		64,21	ab	blocco	H/D 2006	HSD	
							1s		64,57	ab	2	63,72	a	
							3m		66,79	ab	3	63,95	a	
							1m		69,88	b	1	67,22	a	
<b>prof. ch. 2006</b>														
	gdl	MS	gdl	MS			interazione					tratt.	prof ch 06	HSD
	Effetto	Effetto	Errore	Errore	F	p-level	blocco	tratt.	prof ch 06	HSD		s	55,85	a
blocchi	2	20,249	113	9,338	2,17	0,119	3s		55,36	a		m	57,53	b
trattamenti	1	83,429	113	9,338	8,93	<b>0,003</b>	2s		55,37	a				
interazione	2	11,127	113	9,338	1,19	0,308	2m		56,43	ab	blocco	prof ch 06	HSD	
							1s		56,80	ab	2	55,9	a	
							1m		57,89	ab	3	56,81	a	
							3m		58,26	b	1	57,35	a	



# Diversità funzionale in cloni di ciliegio da legno (*Prunus avium* L.) di provenienza Appennino toscano<sup>§</sup>

Andrea Cutini<sup>1\*</sup>, Tessa Giannini<sup>1</sup>

*Accettato il 10 aprile 2008*

**Riassunto** – Si presentano i risultati di una ricerca che analizza la funzionalità di cloni di ciliegio (*Prunus avium* L.) già selezionati, per individuare i genotipi con maggiore efficienza ecologica e meno sensibili agli stress ambientali, al fine di fornire indicazioni utili per programmi di arboricoltura da legno. I rilievi sono stati condotti, a partire dall'anno 2002, nel campo sperimentale di Papiano (Stia, AR) dove sono stati posti a confronto i seguenti cloni di ciliegio di provenienza Appennino toscano: Casina Alpe 1 (A), Casina Alpe 2 (D), Puzzo (C), Paradisino (E), Piantata Catenaia (F). Ad ogni inizio e fine stagione sono stati eseguiti i rilievi dendrometrici per valutare l'accrescimento e l'incremento corrente individuale dei cloni. Per meglio caratterizzare gli apparati fogliari di ciascun clone sono state effettuate, durante i mesi estivi, misure di radiazione solare con ceptometri e di LAI con il PCA LAI 2000. Allo scopo di evidenziare eventuali differenze tra i cloni a livello di funzionalità e di risposte alle condizioni ambientali, si è messo in relazione l'accrescimento e la produttività con le principali caratteristiche delle chiome e si è stimata l'efficienza ecologica dei diversi cloni calcolando il tasso di assimilazione netta (NAR). Dai risultati emerge che il clone E presenta un apparato fogliare molto sviluppato ed i migliori valori in termini di accrescimento. Di contro tale clone è caratterizzato da chiome con forma globosa e ramificata e risulta essere il più suscettibile agli effetti della siccità. Questi elementi contribuiscono a sconsigliarne l'impiego in futuri programmi di miglioramento genetico e l'uso in impianti per la produzione di legname di qualità. I cloni C e A associano capacità di accrescimento piuttosto sostenute ad una migliore architettura generale, il che ne consiglia l'impiego in impianti per la produzione di legname pregiato, soprattutto se realizzati nella stessa regione geografica.

**Parole chiave:** *cloni di ciliegio, efficienza, produttività, indice di area fogliare, trasmittanza, stress ambientali.*

**Abstract** – Functionality in wild cherry (*Prunus avium* L.) clones of Tuscany Apennines provenances. Results of a research regarding the functionality of already selected wild cherry (*Prunus avium* L.) clones are reported. The main target was to select the genotypes with the best ecological efficiency and less sensible to environmental stress, in order to give concrete indications for arboriculture for wood productions. Starting from 2002, measurements were carried out in the experimental plot of Papiano (Stia, AR), where the following clones with provenance from the Tuscan Apennines were compared: Casina Alpe 1 (A), Casina Alpe 2 (D), Puzzo (C), Paradisino (E), Piantata Catenaia (F). Dendrometrical data were collected at the beginning and at the end of each season, in order to evaluate the growth and the individual current increment of the clones. To better characterize the canopies of each clone, measurements of *photosynthetic active radiation* (PAR) and of the *leaf area index* (LAI) were carried out with ceptometers and PCA LAI 2000. In order to evaluate differences between the clones regarding functionality and response to environmental stress, growth and productivity were related to the most important canopy characteristics. Ecological efficiency was calculated for the different clones using the *net assimilation rate* (NAR). The results show that the clone E has the most developed canopies and the best results in terms of growth. But at the same time it also presents densely branched round canopies and results more sensible to the effects of summer drought. These elements contribute to advise against the use of this clone in future genetic improvement programs and in high quality wood productions. On the contrary, the clones C and A have both good growth characteristics and a better general architecture and are therefore advised for high quality wood productions especially in the same geographic region.

**Key words:** *wild cherry clones, efficiency, productivity, leaf area index, transmittance, environmental stress.*

*F.D.C.: 181.51 : 176.1 Prunus avium : 181.65*

## Introduzione

Nel corso degli ultimi anni alcuni provvedimenti della Politica Agricola Comunitaria (Reg. CEE 2080/92 e Reg. CEE 1257/99) hanno favorito la diffusione di impianti di arboricoltura finalizzati alla produzione di legname di qualità con l'impiego di latifoglie pregiate

(BURESTI e MORI 2002, BURESTI e MORI 2003, BURESTI LATTES e MORI 2004, AUTORI VARI 2005).

Una delle specie maggiormente utilizzate in Europa è rappresentata dal ciliegio (*Prunus avium* L.) il cui legname ha buone proprietà tecnologiche e caratteristiche estetiche che lo rendono particolarmente adatto per la falegnameria fine da interni (GIORDANO

---

§ Lavoro eseguito nell'ambito del programma finalizzato Mi.P.A.F. "RI.SELV.ITALIA - Area 1 Risorse genetiche forestali - Sottoprogetto 1.1 Biodiversità e produzione di materiale forestale di propagazione - Ricerca 1.1.2 Diversità funzionale in provenienze e cloni di noce e ciliegio da legno". Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

<sup>1</sup> C.R.A. - Centro di Ricerca per la Selvicoltura - Arezzo.

\* Autore corrispondente [andrea.cutini@entecra.it](mailto:andrea.cutini@entecra.it)

1988, CASINI *et al.* 2000, AUTORI VARI 2005). L'interesse per questa specie e la sua ampia possibilità di impiego in arboricoltura da legno hanno portato ad avviare numerosi programmi di miglioramento genetico (DUCCI *et al.* 1988, DUCCI e SANTI 1996, DUCCI e SANTI 1997, AUTORI VARI 2005). Tali programmi hanno avuto come scopo primario quello di selezionare materiale dotato di elevato valore fenotipico e quindi di favorire l'incremento della produzione e di migliorare la qualità dei fusti e del legname. Poca attenzione è stata però dedicata ai meccanismi e ai fattori che sono alla base dei diversi livelli di efficienza ecologica e di funzionalità dei cloni selezionati. In particolare, per il ciliegio non risultano essere state condotte indagini sull'eventuale controllo genetico delle risposte a condizioni di stress ambientali, spesso frequenti in molte regioni del nostro Paese.

L'obiettivo di questa ricerca è analizzare l'efficienza ecologica e la funzionalità di cloni di ciliegio da legno, selezionati nell'ambito di precedenti programmi di miglioramento genetico (DUCCI *et al.* 1987), allo scopo di individuare i genotipi meno sensibili agli stress ambientali da impiegare in arboricoltura su scala regionale. Tra i molti fattori che determinano il livello di risposta a condizioni climatiche critiche vengono esaminati quelli connessi alla diversa efficienza produttiva dei cloni, mettendo in relazione la struttura e le caratteristiche dell'apparato fogliare con l'accrescimento e l'allocazione della biomassa. Una maggiore conoscenza di questi fattori e l'individuazione delle relazioni con il genotipo permetteranno, nel breve-medio periodo, di valutare in modo più approfondito le possibilità di impiego su vasta scala del materiale selezionato.

## Materiale e metodi

La ricerca è stata condotta nel campo sperimentale di Papiano (Stia, Arezzo; 43°49'N, 11°42'E) realizzato negli anni 1988-1989 per valutare le potenzialità di alcuni cloni di ciliegio da legno. L'impianto si trova ad un'altitudine media di 750 m, con una pendenza che varia tra 0 e 30% ed un'esposizione Sud-Sud Ovest. In questa località la precipitazione media annua è 1027.8 mm e la temperatura media annua è 12.1° C, valori ottenuti come medie del periodo 1960-1982 della stazione termopluviometrica di Stia (AR), posta a quota 479 m s.l.m., del Servizio Idrologico Regionale.

La piantagione è costituita da parcelle multiclionali

di ciliegio organizzate secondo uno schema a blocchi randomizzati, con sesto d'impianto quadrato e distanza tra le piante di 5 m. I rilievi sono stati condotti all'interno di due blocchi nei quali sono posti a confronto i seguenti cloni micropropagati di ciliegio da legno di provenienza Appennino toscano: Casina Alpe 1 - Alpe di Catenaia (settore occidentale) 970 m s.l.m., Chiusi della Verna, AR (clone A); Casina Alpe 2 - Alpe di Catenaia (settore occidentale) 970 m s.l.m., Chiusi della Verna, AR (clone D); Puzòlo - Val Tiberina (settore settentrionale) 1000 m s.l.m., Chiusi della Verna, AR (clone C); Paradisino - Foresta di Vallombrosa 1050 m s.l.m., Reggello, FI (clone E); Piantata Catenaia - Alpe di Catenaia 950 m s.l.m., Chiusi della Verna, AR (clone F). Ogni clone è rappresentato, in entrambi i blocchi presi in esame, da una fila di 5 piante.

Per uno studio più dettagliato degli effetti dell'andamento climatico annuale sui cloni di ciliegio sono stati elaborati i dati termopluviometrici raccolti dalla stazione meteorologica n. 105 - Stia (AR) - quota 830 m s.l.m., installata dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-forestale (A.R.S.I.A. Toscana) nel 1998 in prossimità del campo sperimentale ed inclusa nella rete di monitoraggio del Servizio Agrometeorologico Regionale. In particolare sono stati analizzati i dati di temperatura e precipitazione media annua e dei mesi estivi relativi al periodo 2002-2006. Solo ai fini di un'analisi comparativa tra l'andamento meteorologico dei vari anni, è stato calcolato l'indice di aridità di DE MARTONNE (1926).

A partire dall'anno 2002, ad ogni inizio e fine stagione vegetativa, sono state misurate le circonferenze a 1.30 m da terra, le altezze totali e le altezze di inserzione della chioma di tutte le piante presenti, in modo da determinare l'accrescimento e l'incremento corrente individuale di diametro ed altezza. Per analizzare più in dettaglio le caratteristiche delle chiome sono stati rilevati anche il raggio massimo della chioma (R max) e l'altezza da terra di tale raggio (H R max) di ogni pianta.

Si è anche proceduto a stimare la biomassa legnosa epigea di ciascuna pianta moltiplicando il volume del fusto, ottenuto applicando la formula del cono, per 539 Kg m<sup>-3</sup>, valore medio della densità basale del ciliegio riportato da ZANUTTINI *et al.* (2006). Ciò ha consentito di calcolare l'incremento corrente medio per ogni clone riferito alla biomassa legnosa. La valutazione dell'efficienza e della funzionalità dei diversi cloni di ciliegio è stata eseguita, non solo sulla base dei

risultati di accrescimento e di incremento, ma anche attraverso il calcolo del tasso di assimilazione netta (*net assimilation rate*, NAR), indice dato dal rapporto tra l'incremento corrente di biomassa e l'indice di area fogliare - LAI (CHIARELLO *et al.* 1989, CUTINI 1994b, CUTINI e HAJNY 2006).

### **Misure di LAI e di trasmittanza**

Le caratteristiche delle chiome e degli apparati fogliari dei diversi cloni sono state indagate anche con metodi indiretti. In particolare sono state effettuate misure di LAI e di trasmittanza.

L'indice di area fogliare è il principale indicatore delle caratteristiche della copertura forestale e condiziona significativamente l'efficienza e la produttività (GHOLZ 1982, WARING 1983, BRÉDA *et al.* 2002). Nel presente lavoro per misurare il LAI è stato utilizzato un metodo di stima indiretto basato sulla relazione esistente tra l'attenuazione della radiazione solare diffusa ad opera delle chiome e le caratteristiche delle stesse. Allo scopo è stato utilizzato il Plant Canopy Analyser LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) strumento in grado di fornire stime accurate del LAI a partire da misure di radiazione diffusa con un sensore ottico emisferico (CUTINI *et al.* 1998, CUTINI *et al.* 2003). Il sensore ad ogni acquisizione effettua contemporaneamente cinque misure corrispondenti ad anelli concentrici che campionano le seguenti fasce rispetto allo zenit: 0-13°, 16-28°, 32-43°, 47-58°, 61-74°. L'angolo di misura azimutale dello strumento può essere variato attraverso l'apposizione di mascherine o *cap*. Il LAI si ottiene mettendo in relazione, per mezzo di un modello di estinzione della radiazione, le misure rilevate sottocopertura con una misura di riferimento effettuata in una zona priva di copertura.

I rilievi sono stati condotti principalmente nel periodo di massima espansione fogliare (da giugno ad agosto), in giornate con cielo sereno e nelle prime ore del mattino, in modo tale da attenuare gli effetti negativi della radiazione diretta. Le misure sono state fatte ad un'altezza da terra di circa 1.3 m, utilizzando la *cap* con apertura di 45°. Per lo scarico e l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati rispettivamente i programmi COMM e C-2000 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) e le procedure sperimentate in precedenti lavori (CUTINI *et al.* 1998, CUTINI *et al.* 2003, CUTINI e VARALLO 2006).

Parallelamente alle stime di LAI sono state eseguite misure di trasmittanza. A tale scopo per ciascun clone sono state effettuate misure di PAR (radiazione

fotosinteticamente attiva) con ceptometri (Sunfleck Par Ceptometer SF-80 e AccuPAR Ceptometer LP-80, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA) in giornate serene tra le ore 11.00 e 14.00 solari locali (CUTINI 1994a, CUTINI 1996). Per ogni punto di misura sono stati acquisiti quattro valori, secondo le direzioni cardinali. Quindi i valori medi di PAR relativi ad ogni clone sono stati messi in relazione con misure di riferimento effettuate in aree vicine all'impianto, prive di copertura, all'inizio ed alla fine di ogni rilievo. Si è risaliti così alla trasmittanza, ossia il valore di energia solare trasmessa sottocopertura in termini percentuali rispetto alla radiazione incidente sopra le chiome.

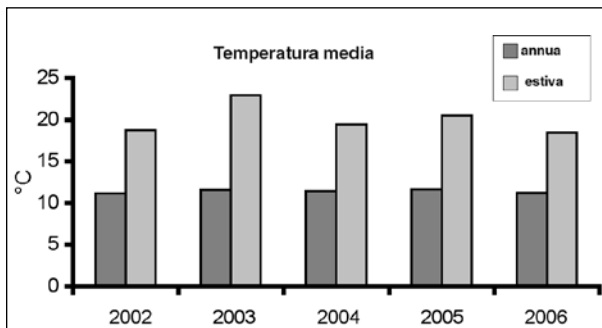
### **Analisi statistiche**

I valori annuali, relativi ad ogni clone, di trasmittanza (opportunamente trasformati) e di LAI sono stati sottoposti all'analisi della varianza ad una via e successivamente, in presenza di valori di F significativi, al test di comparazione multipla HSD di Tukey, utilizzando il software Statistica (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA). Questa analisi ha interessato anche il tasso di assimilazione netta e gli incrementi correnti periodici (2002-2006) in altezza, diametro, area basimetrica, biomassa e volume.

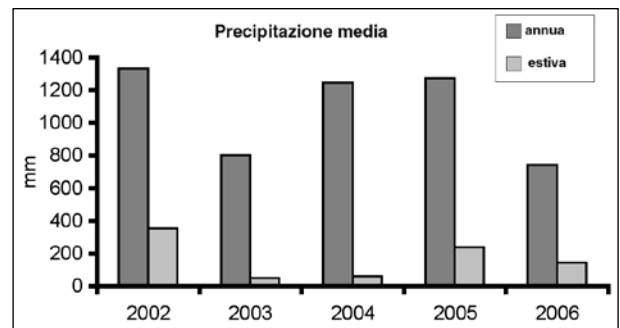
### **Risultati**

I valori di temperatura e precipitazione media annuale e dei mesi estivi (giugno, luglio ed agosto) mettono in evidenza come il periodo di osservazione 2002-2006 sia stato caratterizzato dall'eccezionale andamento dell'anno 2003, con temperature estive molto elevate e precipitazioni scarse rispetto alla media (figure 1 e 2). Anche l'estate del 2004 è risultata abbastanza siccitosa, mentre i valori medi annuali di piovosità sono rientrati nella norma. Le precipitazioni autunnali particolarmente ridotte, hanno fatto sì che anche il 2006 sia risultato complessivamente un'annata con valori sensibilmente al di sotto della media. L'eccezionale andamento dell'anno 2003 è confermato dall'indice di De Martonne che risulta pari a 37, rispetto a valori compresi tra 58 e 63 calcolati per gli anni 2002, 2004 e 2005.

I valori medi di accrescimento dei vari cloni all'inizio e alla fine del periodo di osservazione sono sintetizzati in tabella 1. Dai risultati emergono correlazioni statisticamente significative ( $P < 0.05$ ) tra accrescimento in biomassa e diametro, con valori di



**Figura 1** - Andamento della temperatura media annua ed estiva durante il periodo 2002-2006 (stazione meteorologica A.R.S.I.A. di Stia).  
*Trend of annual and summer mean temperature in the period 2002-2006 (weather station A.R.S.I.A. of Stia).*



**Figura 2** - Andamento della precipitazione media annua ed estiva durante il periodo 2002-2006 (stazione meteorologica A.R.S.I.A. di Stia).  
*Trend of annual and summer mean precipitation in the period 2002-2006 (weather station A.R.S.I.A. of Stia).*

**Tabella 1** - Principali caratteristiche dendrometriche medie dei cloni ad inizio e fine periodo di osservazione.  
*Most important mean growth variables of the clones at the beginning and at the end of the monitoring period.*

clone	anno 2002				anno 2006			
	altezza tot m	diametro cm	volume m <sup>3</sup>	biomassa Kg	altezza tot m	diametro cm	volume m <sup>3</sup>	biomassa Kg
F	6,42	8,69	0,019	10,45	7,78	11,70	0,042	22,54
D	6,65	10,95	0,033	17,80	7,94	13,99	0,063	34,04
A	8,89	11,55	0,047	25,34	10,60	13,98	0,082	44,13
E	7,28	12,89	0,048	25,99	8,85	16,71	0,099	53,24
C	8,01	10,47	0,036	19,39	9,58	13,92	0,067	41,22

r pari a 0.94 per l'anno 2002 e 0.93 per il 2006; al contrario la relazione tra altezza e biomassa è risultata statisticamente non significativa. Per quanto riguarda il confronto tra i vari cloni, A e C si distinguono per un maggior sviluppo in altezza, sia all'inizio che alla fine del periodo di osservazione. Il clone E, a fronte di uno sviluppo intermedio in altezza, ha valori di diametro nettamente superiori a tutti gli altri cloni. Ciò condiziona i risultati in termini di accrescimento in volume e biomassa che, nel caso del clone E, sono nettamente superiori agli altri cloni, soprattutto a fine periodo di osservazione. Al contrario, il clone F è quello con dimensioni più ridotte rispetto a tutti gli altri.

L'analisi della varianza ha messo in evidenza differenze significative tra i cloni per tutte le variabili esaminate, ad eccezione dell'altezza. Per quanto riguarda l'incremento in diametro si registrano valori sensibilmente inferiori per il clone A con differenze statisticamente significative (figura 3). Relativamente all'incremento di biomassa i valori più elevati sono stati riscontrati per il clone E, mentre i cloni C ed A hanno valori intermedi ed i cloni D e F valori inferiori (figura 4).

Dall'esame delle variazioni annuali dell'incremento corrente di diametro e di biomassa emerge un netto

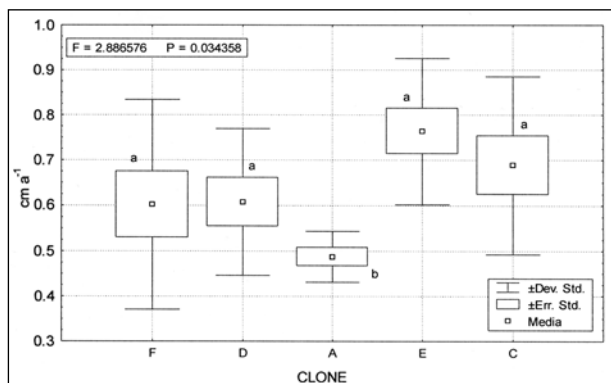
decremento nei primi anni di osservazione che culmina nel 2004; segue un parziale recupero nel 2005 e 2006, anni in cui i valori si avvicinano a quelli del primo biennio (figure 5 e 6).

I cloni presi in esame si differenziano anche a livello di caratteristiche delle chiome e dell'apparato fogliare. I valori di LAI dei vari cloni sono risultati significativamente correlati ( $P < 0.05$ ) con il diametro e la biomassa ma non con l'altezza. Per quanto riguarda il confronto tra i vari cloni l'analisi della varianza ha messo in evidenza differenze significative, con valori piuttosto bassi ( $0.59 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ) per il clone F e valori più che doppi ( $1.57 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ ) per il clone E (figura 7).

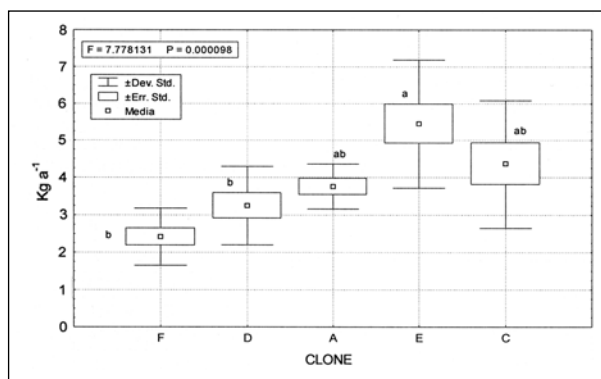
Le notevoli fluttuazioni registrate a livello di andamento climatico annuale sembrano non influenzare in maniera univoca i valori di LAI, indice che ha un andamento piuttosto costante nel caso dei cloni C, D e F; solo il clone E mostra una sensibile riduzione dei valori di LAI, in particolare nel corso del 2004 (figura 8).

Le differenze emerse a livello di caratteristiche delle chiome e dell'apparato fogliare trovano conferma nei valori di radiazione incidente intercettata da ciascun clone. In particolare, i cloni E e D intercettano circa il 50% della radiazione con differenze statisti-

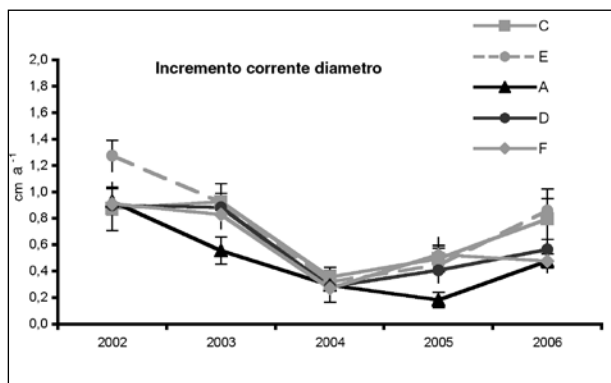




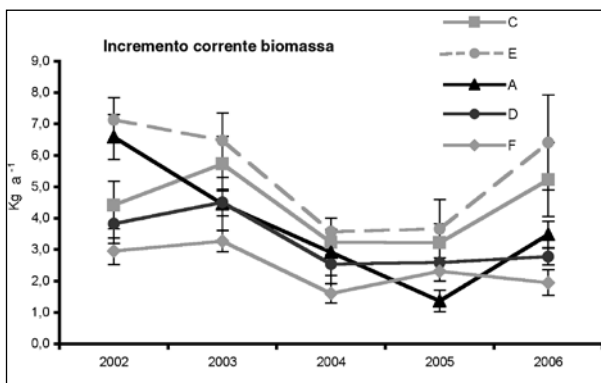
**Figura 3** - Plot di Box e Whisker dell'incremento corrente periodico (2002-2006) di diametro e risultati dell'analisi della varianza e del test HSD di campioni multipli di Tukey.  
*Box and Whisker plots of current periodic (2002-2006) diameter increment and results of analysis of variance and of Tukey's HSD Test.*



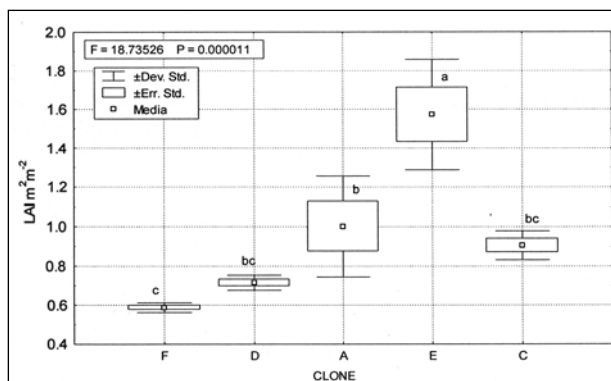
**Figura 4** - Plot di Box e Whisker dell' incremento corrente periodico (2002-2006) di biomassa e risultati dell'analisi della varianza e del test HSD di campioni multipli di Tukey.  
*Box and Whisker plots of current periodic (2002-2006) biomass increment and results of analysis of variance and of Tukey's HSD Test.*



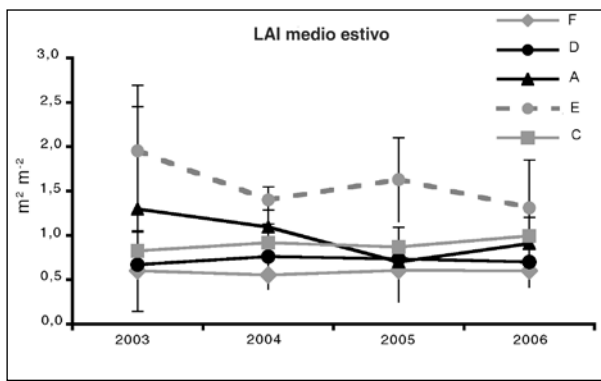
**Figura 5** - Variazioni annuali dell'incremento corrente di diametro di ciascun clone nel periodo 2002-2006.  
*Annual variations of current diameter increment of each clone in the period 2002-2006.*



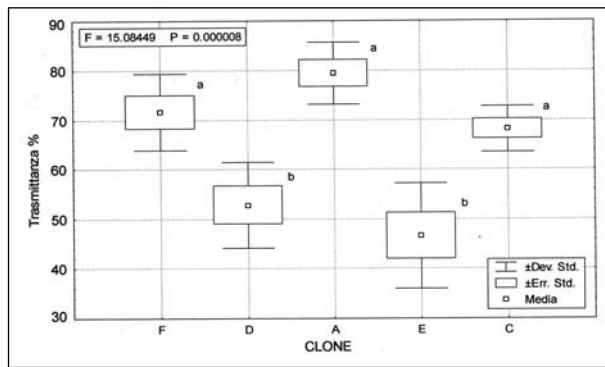
**Figura 6** - Variazioni annuali dell'incremento corrente di biomassa di ciascun clone nel periodo 2002-2006.  
*Annual variations of current biomass increment of each clone in the period 2002-2006.*



**Figura 7** - Plot di Box e Whisker del LAI e risultati dell'analisi della varianza e del test HSD di campioni multipli di Tukey.  
*Box and Whisker plots of LAI and results of analysis of variance and of Tukey's HSD Test.*



**Figura 8** - Variazioni annuali del LAI medio estivo (2003-2006) di ogni clone.  
*Annual variations of mean summer LAI (2003-2006) of each clone.*



**Figura 9** - Plot di Box e Whisker della trasmittanza e risultati dell'analisi della varianza e del test HSD di campioni multipli di Tukey. *Box and Whisker plots of transmittance and results of analysis of variance and of Tukey's HSD Test.*

camente significative rispetto agli altri tre cloni che, invece, presentano valori compresi tra il 65 e l'80% (figura 9).

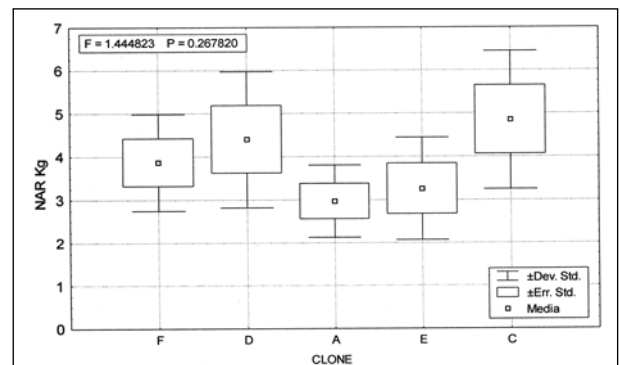
Per quanto riguarda il tasso di assimilazione netta non si osservano differenze significative tra i vari cloni: il clone A presenta i valori medi più bassi, mentre quelli più elevati sono stati riscontrati nel clone C (figura 10).

## Discussione e conclusioni

L'analisi dei dati di accrescimento, dalla quale è emersa la stretta correlazione tra biomassa e diametro, ha messo in evidenza come il patrimonio genetico, nel caso dei cloni di ciliegio presi in considerazione, abbia esplicato il suo controllo essenzialmente sullo sviluppo radiale. Più precisamente, tale controllo si è esplicato sulle caratteristiche dell'apparato fogliare e, in conseguenza dello stretto legame tra LAI e sviluppo radiale, sul diametro.

In termini di accrescimento radiale i cloni E ed F hanno dato risultati rispettivamente superiori ed inferiori di circa il 15-20% alla media, con differenze statisticamente significative. Altrettanto è accaduto per l'accrescimento in biomassa dove sono state osservate differenze rispettivamente superiori ed inferiori del 35-40%. Al contrario, non si sono registrate differenze significative nello sviluppo in altezza.

Le anomalie registrate a livello di andamento climatico nel corso del periodo di osservazione, non hanno prodotto cambiamenti nella *ranking* dimensionale dei vari cloni. In altre parole, le posizioni acquisite in termini di accrescimento all'anno 2002 sono state mantenute anche nel 2006 e, in qualche caso (vedi



**Figura 10** - Plot di Box e Whisker del tasso di assimilazione netta (NAR) e risultati dell'analisi della varianza. *Box and Whisker plots of the net assimilation rate (NAR) and results of analysis of variance.*

clone E), si sono addirittura consolidate.

Anche a livello di incrementi si sono registrate differenze significative tra i cloni. In particolare gli incrementi radiali dei cloni E ed A sono stati rispettivamente superiore ed inferiore di oltre il 20% rispetto alla media. Il clone E si è distinto per incrementi di biomassa maggiori del 40-45% rispetto alla media, mentre il clone F per valori più bassi di oltre il 35%.

Il particolare andamento climatico nel corso del periodo di osservazione, caratterizzato dall'eccezionale siccità estiva registrata nell'anno 2003 con una riduzione della piovosità media annua di oltre il 25% rispetto alla media del periodo ed addirittura del 70% prendendo in considerazione i mesi estivi, consente di fare alcune considerazioni sulle relazioni tra genotipo e stress ambientali. In primo luogo si è registrata una sensibile riduzione degli incrementi dei vari cloni in linea con quanto osservato in studi sugli effetti dello stress idrico sul ciliegio da legno (DETTORI *et al.* 1997, BARBERIS *et al.* 1998). È da sottolineare come questa riduzione degli incrementi sia avvenuta non nell'anno in cui si è verificato l'evento siccitoso, bensì nell'anno successivo. Infatti, nel 2004 si è registrata una riduzione del 25-30% dell'incremento di biomassa, seguita da un lento recupero dei valori. Per quanto riguarda gli effetti sull'apparato fogliare essi sono stati nel complesso molto più contenuti; solo il clone E, caratterizzato da una chioma significativamente più consistente degli altri cloni, ha subito conseguenze di un certo rilievo. Tutto ciò risponde, come già osservato per altre specie (DICKSON e TOMLINSON 1996), alla necessità di ridurre le conseguenze negative di una eccessiva traspirazione. Nel complesso si può quindi affermare che i cloni esaminati, a fronte di annate par-

ticolarmente siccitose, presentano reazioni piuttosto simili, in linea con quanto osservato anche da DUCCI *et al.* (1990). In particolare gli effetti negativi sull'accrescimento e sull'apparato fogliare si manifestano nell'anno successivo a quello critico dal punto di vista climatico. Nel caso preso in esame, dopo l'anno di crisi si è comunque registrato un progressivo recupero dei valori di accrescimento.

I valori medi di LAI osservati in questa ricerca sono in linea con quelli di un altro studio che ha interessato cloni di ciliegio da legno (CUTINI *et al.* 2003). Per quanto riguarda il confronto tra i cloni presi in esame l'esistenza di differenze significative tra i valori di LAI va a sostegno delle considerazioni sopra riportate in merito al legame tra patrimonio genetico e caratteristiche dell'apparato fogliare. A livello di *performance* spicca quella del clone E che presenta valori di LAI superiori di quasi il 65% rispetto alla media; il clone F, all'opposto, presenta valori inferiori di oltre il 35 %.

Se il patrimonio genetico esercita un'influenza sulla consistenza dell'apparato fogliare e sull'accrescimento dei cloni di ciliegio esaminati non altrettanto accade a livello di efficienza. Non sono infatti emerse a livello di tasso di assimilazione nette differenze significative tra i vari cloni.

Sulla base di un'analisi complessiva dei risultati ottenuti si può affermare che il clone Paradisino (E), si contraddistingue per l'apparato fogliare molto sviluppato che gli permette di conseguire le migliori *performances* in termini di accrescimento. Di contro tale clone presenta chiome con forma globosa e ramificazione pronunciata, elementi che si traducono negativamente sulla forma e qualità dei fusti e che rendono difficoltosi o comunque scarsamente efficaci gli interventi di potatura. Si è inoltre rivelato più suscettibile degli altri cloni agli effetti negativi della siccità estiva. Il complesso di questi elementi contribuisce a sconsigliarne da un lato l'ulteriore impiego nell'ambito di futuri programmi di miglioramento genetico e, dall'altro, l'uso in impianti finalizzati alla produzione di legname di qualità.

Al contrario i cloni Puzzòlo (C) e Casina Alpe 1 (A) associano capacità di accrescimento piuttosto sostenute ad una migliore architettura generale, forma del fusto, angolazione e dimensione dei rami. In aggiunta, queste caratteristiche si presentano stabili anche in altri test comparativi (DUCCI com. personale). Il clone Casina Alpe 2 (D), ed in maggior misura il clone Piantata Catenaiia (F), presentano invece caratteristiche nettamente inferiori sia sotto il profilo

dell'accrescimento che della forma.

Da tutto ciò ne discende un giudizio complessivamente positivo sui cloni Puzzòlo (C) e Casina Alpe 1 (A) per i quali si consiglia, insieme ad un'ulteriore valutazione sotto il profilo sperimentale, l'impiego in impianti finalizzati alla produzione di legname di qualità, soprattutto se realizzati nella stessa regione geografica.

## Ringraziamenti

Lavoro realizzato con il contributo del programma finalizzato Mi.P.A.F. "RI.SELV.ITALIA - Area 1 Risorse genetiche forestale - Sottoprogetto 1.1 Biodiversità e produzione di materiale forestale di propagazione - Ricerca 1.1.2 Diversità funzionale in provenienze e cloni di noce e ciliegio da legno".

Gli Autori ringraziano il personale del CRA - Centro di ricerca per la Selvicoltura e in particolare: Mario Ceccarelli, Alessandro Bitini e Michele Lorenzoni per aver contribuito alla raccolta dei dati ed ai rilievi in campo; Alessandro Varallo per l'analisi e l'elaborazione dei dati effettuata durante i primi anni del progetto.

Si desidera inoltre ringraziare la Comunità Montana del Casentino per la collaborazione al mantenimento dell'impianto sperimentale oggetto di studio.

## Bibliografia citata

- AUTORI VARI (a cura di F. Ducci), 2005 - *Monografia sul ciliegio selvatico* (*Prunus avium* L.). CRA - Istituto sperimentale per la selvicoltura, Arezzo: 128 p.
- BARBERIS A., ALBERTINO P.M., FILIGHEDDU M.R., MANCHINU M., 1998 - *Effetti dello stress idrico sul ciliegio da legno in ambiente mediterraneo*. In: Atti convegno nazionale "Irrigazione e ricerca: progressi nell'uso della risorsa acqua", Bari, 1-2 ottobre 1998: 215-219.
- BRÉDA N., SOUDANI K., BERGONZINI J.C., 2002 - *Mesure de l'indice foliaire en forêt*. Ecofor, Paris: 157 p.
- BURESTI E., MORI P., 2002 - *Le piantagioni da legno realizzate con il reg. 2080/92: condizioni di sviluppo e caratteristiche nella provincia di Arezzo*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 80 (07/02): 15-20.
- BURESTI E., MORI P., 2003 - *Progettazione e realizzazione di impianti di arboricoltura da legno*. Manuale A.R.S.I.A. (Firenze), 80 p.
- BURESTI LATTES E., MORI P., 2004 - *Condizione e valutazione degli impianti di arboricoltura da legno*. Manuale A.R.S.I.A. (Firenze), 78 p.
- CASINI L., DE MEO I., MORI P., 2000 - *Scheda sul legno di ciliegio* (*Prunus avium* L.). Sherwood - Foreste e alberi oggi, 62 (11/02): 35-38.

- CHIARELLO N.R., MOONEY H.A., WILLIAMS K., 1989 – *Growth, carbon allocation and cost of plant tissue*. In Percy R.W. et al. (eds): *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation*. Chapman and Hall, London, New York: 327-365.
- CUTINI A., 1994a – *La stima del lai con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXIII (1992): 167-181.
- CUTINI A., 1994b – *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXIII (1992): 147-166.
- CUTINI A., 1996 – *The influence of drought and thinning on leaf area index estimates from canopy transmittance method*. Annales des Sciences Forestières, 53: 595-603.
- CUTINI A., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1998 – *Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests*. Forest Ecology and Management, 105: 55-65.
- CUTINI A., GIULIETTI V., VARALLO A., 2003 – *La stima dell'indice di area fogliare di popolamenti forestali e di singoli alberi con il plant canopy analyzer LAI-2000*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXXI (2000): 95-107.
- CUTINI A., HAJNY M., 2006 – *Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXXIII (2002-2004): 133-142.
- CUTINI A., VARALLO A., 2006 – *Estimation of foliage characteristics of isolated trees with the plant canopy analyzer LAI-2000*. Current Trends in Ecology (2006): 49-56.
- DE MARTONNE E., 1926 – *Une nouvelle fonction climatique: l'indice d'aridité*. La Météorologie, 2: 449-459.
- DETTORI S., FALQUI A., MAVULI S., ORRÙ A., PODDIGHE D., TODDE M., 1997 – *Prime esperienze di coltivazione di ciliegio e noce da legno in Sardegna*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXV e XXVI (1994-95): 227-241.
- DICKSON R.E., TOMLINSON P.T., 1996 – *Oak growth, development and carbon metabolism in response to water stress*. Annales des Sciences Forestières, 53: 181-196.
- DUCCI F., CANCELANI L., BIONDI S., 1987 – *Prospettive di miglioramento, propagazione e coltivazione del ciliegio da legno (Prunus avium L.)*. Monti e Boschi, XXXVIII (2):14-19.
- DUCCI F., TOCCI A., VERACINI A., 1988 – *Sintesi del registro del materiale di base di Prunus avium L. in Italia centro settentrionale, Basilicata e Calabria*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XIX (1988): 265-303.
- DUCCI F., VERACINI A., TOCCI A., CANCELANI L., 1990 – *Primi risultati di una sperimentazione pilota di arboricoltura clonale da legno con Prunus avium L.*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, Vol. XXI (1990): 81-108.
- DUCCI F., SANTI F., 1996 – *Cloni naturali di ciliegio selvatico (Prunus avium L.): loro significato in foresta e per l'arboricoltura da legno*. Sherwood – Foreste e alberi oggi, 14 (07/96): 11-16.
- DUCCI F., SANTI F., 1997 – *The distribution of clones in managed and unmanaged populations of wild cherry (Prunus avium L.)*. Canadian Journal of Forest Research (27): 1998-2004.
- GHOLZ H.L., 1982 – *Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest*. Ecology 63: 469-481.
- GIORDANO G., 1988 – *Tecnologia del legno - Vol. III - Le prove e i legnami di più frequente impiego*. Utet, Torino, 1887 p.
- ZANUTTINI R., CREMONINI C., BRUNETTI M., BERTI S., 2006 – *Caratterizzazione del tondame di noce e ciliegio*. Sherwood – Foreste ed alberi oggi, 120 (03/06): 7-13.
- WARING, R.H., 1983 – *Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area*. Advances in Ecological Research, 13: 327-354.

# Messa a punto di un metodo per l'individuazione di $\beta$ -1,3- glucanasi e chitinasi attraverso *Native PAGE* su estratti di piante di *Prunus avium* L. inoculate con *Phytophthora* spp.<sup>§</sup>

Anna De Rogatis<sup>1\*</sup>, Serena Guerri<sup>1</sup>, Alberto Santini<sup>2</sup>, Luisa Ghelardini<sup>2</sup>

*Accettato il 20 giugno 2008*

**Riassunto** – Utilizzando la *native PAGE* (*poliacrilamide gel elettroforesi*) è stata rilevata la presenza di glucanasi e chitinasi su estratti di piante di alcuni cloni di ciliegio selvatico *Prunus avium* L. inoculate con differenti specie di *Phytophthora* spp.. Il ciliegio da legno risulta infatti suscettibile a questo patogeno che provoca un indebolimento generale della pianta fino a determinarne la morte. Queste due PR (*pathogenesis related*) *proteins* normalmente sono prodotte dalla pianta come prima risposta di resistenza al patogeno. In particolare la loro attività enzimatica è coinvolta nella degradazione della parete e nella inibizione della crescita ifale del fungo. Generalmente le tecniche impiegate per la loro visualizzazione consistono nella colorazione dell'estratto cellulare grezzo o del gel di poliacrilamide attraverso procedure piuttosto lunghe e dispendiose nella quantità di reagenti e nella manodopera. In questo lavoro è stata invece utilizzata una tecnica diretta di colorazione dell'attività enzimatica su substrato di Carboximetil (cm)-Curdlan RBB (Remazol Brilliant Blu) per la glucanasi e su substrato di Glicol Chitosan per la chitinasi. Il protocollo utilizzato è risultato sensibile nell'individuare la presenza delle due proteine oltre che molto semplice, agevole nelle procedure e poco costoso.

**Parole chiave:** *resistenza, glucanasi, chitinasi, Prunus avium, Phytophthora spp.*

**Abstract** – Technique to detect on  $\beta$ -1,3- glucanase and chitinasi by *native PAGE*, in *Prunus avium* (L.) clones inoculated with *Phytophthora* spp.  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase activities have been detected by native PAGE (polyacrylamide gel electrophoresis) on leaf extracts of wild cherry (*P. avium*) inoculated with different species of *Phytophthora* spp.. These pathogens are aggressive in wild cherry and they can cause wiltings and death of the plant. These two PR (pathogen-related) proteins are normally produced by plants as first resistance strategy towards pathogens. The PR activities are involved in ifal cell wall degradation and growth. Usually, the techniques to detect them are based on colorimetric assay performed with the total protein extracts or in the polyacrylamide gels, through expensive procedures. In this work a direct colorimetric detection on a Carboximetil (cm)-Curdlan RBB (Remazol Brilliant Blu) and Glycol Chitosan substrate, is used to reveal  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinasi respectively. This protocol resulted to be very sensible in detecting the two proteins, very simply, reliable and cheap.

**Key words:** *resistance, glucanase, chitinase, Prunus avium, Phytophthora spp.*

*F.D.C.: 165.8 : 176.1 Prunus avium :172.8 Phytophthora*

## Introduzione

Il ciliegio selvatico (*Prunus avium* L.) è una latifolia nobile a legname pregiato ed ha un'ampia possibilità di impiego in foresta e nell'arboricoltura da legno in tutta Europa (HAMMATT e GRANT 1997). Il miglioramento genetico di questa specie in Italia è finalizzato all'incremento della qualità e della quantità di produzione del legname e alla selezione di cloni resistenti ai patogeni che più comunemente lo colpiscono (DUCCI *et al.* 1987, DUCCI *et al.* 1988, DUCCI e SANTI 1996 e 1997, BARZANTI *et al.* 2004).

Differenti patogeni possono colpire *P. avium* tra i quali numerose specie appartenenti al genere *Phyto-*

*phthora*, come *P. cambivora*, *P. cactorum*, *P. drechsleri*, *P. megasperma*, *P. citrophthora*, *P. syringae* (ERWIN e RIBEIRO 1996, VAN WEST *et al.* 2003). Questi patogeni causano il marciume del capillizio radicale, microfillia e filloptosi anticipata, appassimento e mancata crescita dei getti terminali, fino alla morte della pianta. Questa malattia può essere controllata con efficacia solamente attraverso l'uso di materiale con un più alto grado di resistenza al patogeno. E' molto importante quindi selezionare ed ottenere genotipi che posseggano tali requisiti di resistenza.

Nelle piante l'induzione alla resistenza ai patogeni è basata sull'attivazione di geni della resistenza che possono sintetizzare e, quindi, accumulare PR *proteins*,

<sup>§</sup> Ricerca sviluppata nell'ambito del Programma Triennale Ri.Selv.Italia- Sottoprogetto 1.1 Biodiversità e produzione di materiale forestale di propagazione.

<sup>1</sup> C.R.A. - Centro di Ricerca per la Selvicoltura - V.le Santa Margherita 80, 52100 Arezzo, Italy.

<sup>2</sup> C.N.R. - Istituto per la Protezione delle Pianta.- Via Madonna del Piano 50019 Sesto Fiorentino, Italy

\* Autore corrispondente [anna.derogatis@entecra.it](mailto:anna.derogatis@entecra.it)

ovvero proteine correlate alla patogenesi. Le proteine PR sono indotte sia localmente che sistemicamente (SAR *systemic acquired resistance*) (VAN LOON e VAN STRIEN 1999), sono localizzate nella forma base nei vacuoli e nella forma acidica nello spazio intercellulare. Basandosi sulle loro reazioni sierologiche, sulla massa molecolare e sulla sequenza sono suddivise in 5 gruppi. Quelle analizzate in questa indagine sono le glucanasi ( $\beta$ -1,3-glucanasi - EC 3.2.1.39) che appartengono alle PR 2, classe II intracellulare (in particolare 2c) e III extracellulare, e le chitinasi [1,4-(N-acetil- $\beta$ -D- glucosaminide) glicanoidrolase, EC 3.2.1.14] che appartengono alle PR 3, gruppo III, classe III (KALIX e BUCHENAUER 1995, VAN LOON e VAN STRIEN *op. cit.*, SELITRENNIKOFF 2001).

Indagini sulle proteine coinvolte nella resistenza a *Phytophthora* spp. sono già state condotte su pomodoro (WOLOSHUK *et al.* 1991, NIEDERMAN *et al.* 1995), peperone (KIM e HWANG 1994 e 1997, EGEA *et al.* 1999), soia (GRAHAM *et al.* 2003) e tabacco (PAN *et al.* 1989 e 1991b, WOLOSHUK *et al. op. cit.*, NIEDERMAN *et al. op. cit.*), confermando la presenza di PR *proteins* in risposta all'attacco del patogeno e identificando tra queste  $\beta$ -1,3-glucanasi (PAN *et al. op. cit.*, KIM e HWANG *op. cit.*, EGEA *et al. op. cit.*) e chitinasi (KIM e HWANG *op. cit.*).

Esistono diverse forme isomorfe degli enzimi che possono svolgere differenti azioni nell'espressione del sintomo e nella resistenza, come nel tabacco e nel peperone (PAN *et al. op. cit.*, WOLOSHUK *et al. op. cit.*, KIM e HWANG *op. cit.*, EGEA *et al. op. cit.*, VAN WEST *et al. op. cit.*).

Le glucanasi e le chitinasi nei meccanismi di difesa delle piante contro i patogeni agiscono in differenti maniere: le  $\beta$ -1,3- glucanasi idrolizzano  $\beta$ -1,3-glucano (laminarina), tra i maggiori componenti della parete cellulare dei funghi, liberano oligosaccaridi induttori che provocano la produzione di composti antifungini, le fitoalessine ed inducono la lignificazione (KAUFFMANN *et al.* 1987, PAN *et al. op. cit.*, KIM e HWANG *op. cit.*, EGEA *et al. op. cit.*, DEBORAH *et al.* 2001, SIBLE *et al.* 2004, GOHEL *et al.* 2006). Le chitinasi degradano la chitina, inibiscono la crescita cellulare dei funghi, svolgono un ruolo anche nello sviluppo dell'embrione, nell'impollinazione e nella riproduzione sessuale (WU e BRADFORD 2003, GOHEL *et al. op. cit.*). L'interazione pianta-patogeno è complessa, i due enzimi agiscono in sinergia così che la loro combinazione inibisce la crescita dei funghi in modo molto più accentuato di

quello che possono fare singolarmente. Inoltre tra le cultivar suscettibili e resistenti vengono indotte reazioni di difesa molto diverse (PAN *et al. op. cit.*, EGEA *et al. op. cit.*).

I protocolli proposti dalla letteratura per verificare la presenza delle due PR *proteins* prevedono l'estrazione delle proteine totali dai tessuti inoculati e descrivono due diverse tecniche di visualizzazione dell'attività enzimatica: un saggio colorimetrico sull'estratto (KAUFMANN *et al. op. cit.*; LEGRAND *et al.* 1987; KIM e HWANG *op. cit.*) ed una separazione delle proteine totali mediante elettroforesi su gel di acrilamide non denaturante, *native* PAGE, e successiva colorazione del gel di acrilammide (COTE *et al.* 1989, PAN *et al.* 1991a, KALIX e BUCHENAUER *op. cit.*, GOHEL *et al.* 2005). PAN *et al. (op. cit.)*, KIM e HWANG (*op. cit.*), EGEA *et al. (op. cit.)* propongono di utilizzare entrambi i metodi.

Obiettivo di questa ricerca è di mettere a punto un metodo di *screening* semplice, veloce e poco costoso che permetta di rilevare la presenza di queste due proteine PR nel ciliegio correlate ai meccanismi di induzione alla resistenza a *Phytophthora* spp..

## Materiali e Metodi

### Preparazione del materiale vegetale

I genotipi utilizzati in questa ricerca (Tabella 1), prelevati dalle collezioni clonali, fanno parte di un ampio gruppo di cloni in via di selezione del CRA-Centro di Ricerca per la Selvicoltura di Arezzo (DUCCI *et al. op. cit.*).

Le piantine sono state prodotte *in vitro* mediante micropropagazione secondo il protocollo di BARZANTI *et al. (op. cit.)*. Dopo 4 mesi dall'avvenuta radicazione 4 piantine per ognuno dei 7 cloni di ciliegio sono state sottoposte ad inoculazione con diversi specie di *Phytophthora*: *P. cinnamomi* (Ph 17), *P. citrophthora* (Ph 9), *P. megasperma* var. *megasperma* (Ph 78) e *P. alni* spp. *uniformis* (Ph 68), secondo il protocollo di

**Tabella 1** - Provenienze e luoghi di collezione dei cloni analizzati.  
*Provenience and place of collection of analyzed clones.*

Clone	Provenienza	Collezione clonale
AP 06	Alpago - Veneto	Pomaio (AR)
VM 02	Valle Metauro - Marche	ISSA (AR)
VTS 02	Val Tiberina - Toscana	ISSA (AR)
VC 04	Valle del Senio - E.Romagna	Pomaio (AR)
ROTI	Val Tiberina Sett. - Toscana	ISSA (AR)
PUZZOLO	Val Tiberina Sett. - Toscana	ISSA (AR)
TO 08	Racconigi - Piemonte	Pomaio (AR)

**Tabella 2** - Presenza e assenza dell'attività enzimatica di  $\beta$ -1,3-glucanasi e chitinasi per tutti i cloni inoculati.  
*Presence and absence of  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase activities in all clones analyzed.*

Clone	Inoculazione	Prelievo	Test.	Ph 9	Glu	Chi	Ph 17	Glu	Chi	Ph 68	Glu	Chi	Ph 78	Glu	Chi
VTS0 02	30:03:04	15 gg		V 9-1	x	x	V 17-1	x	x						
		30 gg		V 9-2	x	x	V 17-2	x	x				V 78-2	x	x
VC 04	5:08:04	15 gg		C 9-1	x	x	C 17-1	x	x				C 78-1	x	x
		30 gg		C 9-2	x	x	C 17-2	-	-				C 78-2	-	-
ROTI	5:08:04	15 gg	RC	R 9-1	x	x	R 17-1	x	x				R 78-1	x	x
		30 gg		R 9-2	x	x	R 17-2	x	-	R 68-2	x	x			
AP 06	6:08:04	15 gg	AC	A 9-1	x	x	A 17-1	-	-				A 78-1	x	x
		30 gg		A 9-2	x	x	A 17-2	x	x				A 78-2	x	-
PUZZOLO	10:08:04	30 gg	PC	P 9-2	x	x	P 17-2	x	x	P 68-2	-	x	P 78-2	x	x
		30 gg	TC	T 9-2	x	-	T 17-2	x	x				T 78-2	x	x
VM 02	5:08:04	30 gg		M 9-2	x	x	M 17-2	x	x				M 78-2	x	x

Legenda - Ph 9: *P.citrophthora*, Ph 17: *P.cinnamomi*, Ph 68 *Palni* spp. *uniformis*, Ph 78: *P.megasperma* var. *megasperma*.  
Test.: testimone, Glu:  $\beta$ -1,3-glucanasi, Chi: chitinasi, x: presenza attività enzimatica, -: assenza attività enzimatica.

BARZANTI *et al.* (*op. cit.*). Due piante per ogni clone sono state inoculate con V8 agar sterile come testimone. Dopo un periodo di 15 gg è stato effettuato un primo prelievo delle piantine per i cloni VTS02, VC04, Roti e AP06 per i quali era disponibile una maggiore quantità di materiale, e dopo 30 gg. dall'inoculazione tutti i 7 cloni sono stati raccolti e posti immediatamente a -20°C. In ciascuna data sono state prelevate anche 1-2 piante testimone non inoculate (Tabella 2).

Attraverso una valutazione visiva della percentuale del danno è stata fatta un'attribuzione a 6 classi d'intensità, da 0 (sana) a 5 (morta), è stato calcolato un indice di suscettibilità per ogni clone ad ogni fitoftora come media dei valori ottenuti.

### Estrazione delle proteine totali

Le proteine totali sono state estratte triturando in azoto liquido 1 g totale di tessuto radicale e fogliare, data l'esiguità del materiale da analizzare, ed aggiungendo 1 ml del seguente tampone (KIM 1979): 160 mg di Trizma base, 12 mg di EDTA, 500 mg di PVP, 5 mg di DTT e 1% di 2-mercaptoetanolio in 10 ml di H<sub>2</sub>O bidistillata, portato a pH 7.4 con HCl o NaOH; gli estratti grezzi sono stati sottoposti a centrifugazione per 15 min. a 15500 rcf e il sovrantante così ottenuto ha subito nuovamente un passaggio in centrifuga per 1 ora a 15500 rcf. I succhi cellulari estratti sono stati conservati a -20°C.

Il contenuto proteico è stato misurato mediante il metodo BRADFORD (1976) utilizzando direttamente 50  $\mu$ l dell'estratto puro.

All'estrazione delle proteine totali, per ogni clone, è seguita l'indagine per la presenza di 1,3- $\beta$ -glucanasi e chitinasi. Per la colorazione sono stati adottati i protocolli, sotto descritti, che si sono dimostrati più sensibili.

A causa della scarsità del materiale disponibile è stata fatta un'analisi qualitativa e non quantitativa. Non è stata ritenuta indispensabile la purificazione delle due proteine, mantenendo così più bassi i costi delle analisi, perché analizzando l'estratto grezzo le bande risultavano comunque ben visibili.

### Saggio colorimetrico per la 1,3- $\beta$ -glucanasi

I campioni sono stati sottoposti ad una *native* PAGE, elettroforesi in condizioni non denaturanti su gel di poliacrilamide di 0.5 mm di spessore, con aggiunta del substrato CM-Curdlan-RBB (Remazol Brilliant Blu) (Loewe Biochimica).

Il protocollo utilizzato è stato quello di KALIX e BUCHENAUER (*op. cit.*) così modificato: per 15 ml di Resolving gel al 10% sono stati usati 4 ml di H<sub>2</sub>O bidistillata, 2 ml di CM-Curdlan-RBB, 4 ml di Tris-HCl 1.5 M pH 8.8, 5 ml di acrilamide 29:1 al 30%, 150  $\mu$ l di ammonio persolfato al 10% e dopo aver fatto degassare la soluzione sono stati aggiunti 6  $\mu$ l di TEMED.

Per 4 ml di Stacking gel al 5% sono stati usati: 2.7 ml di H<sub>2</sub>O bidistillata, 500  $\mu$ l di TRIS HCl 1.0 M pH 6.8, 670  $\mu$ l di acrilamide 29:1 al 30%, 40  $\mu$ l di ammonio persolfato al 10% e dopo aver degassato la soluzione sono stati aggiunti 4  $\mu$ l di TEMED.

L'elettroforesi orizzontale è stata effettuata su 2117 Multiphor II (Amersham Pharmacia) facendo correre 20  $\mu$ l dell'estratto con 4  $\mu$ l di *loading dye* a 4°C, 300 V, 30 mA per 4 ore. Come controllo sono stati caricati 20  $\mu$ l di 0.4 mgml<sup>-1</sup> di 1,3- $\beta$ -glucanasi da *Helix pomatia* (0.5-1.5 Umg<sup>-1</sup>) (Fluka) con 4  $\mu$ l di *loading dye*.

Una unità dell'enzima di controllo corrisponde alla quantità di enzima in grado di liberare 1 $\mu$ moles di glucosio da laminarina per minuto a pH 5.0 e 37°C.

Il gel è stato poi conservato una notte in H<sub>2</sub>O bidistillata a 4°C. Per favorire l'attività enzimatica il gel

è stato immerso in acetato di sodio 0.1 M pH 5.0 ed incubato in stufa a 40°C per 5 ore.

Nell'idrolisi enzimatica regolata dalla glucanasi l'RBB, legato covalentemente al substrato CM Curdlan presente nel gel, viene rilasciato e disperso nel tampone acquoso determinando la presenza nel gel di bande più chiare che testimoniano la presenza della proteina. E' possibile verificare la presenza dell'enzima osservando il gel con luce bianca. Il gel è stato poi fotografato e conservato a 4°C in H<sub>2</sub>O bidistillata.

### **Saggio colorimetrico per la chitinasi**

Anche per la chitinasi i campioni sono stati sottoposti ad una *native* PAGE su gel di poliacrilamide, di spessore 0,5 mm, con aggiunta del substrato Glycol Chitosan (Sigma-Aldrich). Il protocollo seguito è stato quello di PAN *et al.* (*op.cit.*) modificato. Per 15 ml di Resolving gel al 15% sono stati usati: 6 ml di Glycol Chitosan 0.04% (w/v) in acetato di Na 0.1 M pH 5.0, 4 ml di Tris-HCl 1.5 M pH 8.8, 5 ml di acrilamide 29:1 al 30%, 150  $\mu$ l di ammonio persolfato al 10% e dopo aver fatto degassare la soluzione sono stati aggiunti 6  $\mu$ l di TEMED.

Per 4 ml di Stacking gel al 5% sono stati usati: 2.7 ml di H<sub>2</sub>O bidistillata, 500  $\mu$ l di Tris HCl 1.0 M pH 6.8, 670  $\mu$ l di acrilamide 29:1 al 30%, 40  $\mu$ l di ammonio persolfato al 10% e dopo aver degassato la soluzione sono stati aggiunti 4  $\mu$ l di TEMED.

L'elettroforesi orizzontale è stata effettuata su 2117 Multiphor II (Amersham Pharmacia) facendo correre 20  $\mu$ l dell'estratto con 2,5  $\mu$ l di *loading dye* a 4°C, 300 V, 30 mA per 3 ore.

Come controllo sono stati caricati 20  $\mu$ l di 0.1 mgml<sup>-1</sup> di chitinasi da *Streptomyces griseus* (200-600 unitàg<sup>-1</sup>) (Sigma-Aldrich) con 2.5  $\mu$ l di *loading dye*; una unità dell'enzima di controllo è in grado di liberare 1 mg di N-acetyl-D- glucosamine da substrato di chitina per ora a pH 6.0, 25 °C in 2 ore di reazione.

Per permettere l'attività enzimatica il gel è stato immerso in acetato di Na 0.1 M pH 5.0 ed incubato in stufa 40°C per 4 ore, e dopo è stato sottoposto a colorazione mediante una soluzione fresca di 0,01% (w/v) Fluorescent Brightener 28 (Sigma-Aldrich) in Tris-HCl 0.5 M pH 8.9, per 5 min. a temperatura ambiente. Allontanata la soluzione colorante, il gel è stato incubato una notte a 4°C al buio in H<sub>2</sub>O bidistillata.

L'attività enzimatica della chitinasi è stata rilevata mediante colorazione fluorescente del gel ed illuminazione ai raggi UV (ultravioletti) che permettono di individuare nel profilo elettroforetico la presenza di

zone più scure prive di fluorescenza: queste zone testimoniano l'avvenuta degradazione del Glicol Chitosan presente nel gel ad opera dell'enzima. La presenza della chitinasi è stata perciò verificata ponendo il gel in un transilluminatore a raggi UV dove è stato fotografato. E' stata fatta una valutazione della intensità di fluorescenza confrontandola con il controllo, costituito da proteina pura a concentrazione nota.

Dato che i profili elettroforetici di entrambe le proteine differiscono nella dimensione e nell'intensità delle bande, è stata messa a punto una suddivisione in 6 classi di intensità assegnando il valore 0 all'assenza di proteina fino al valore 5 della proteina pura.

## **Risultati**

Entrambi gli enzimi sono stati trovati nelle piantine inoculate e la loro presenza si può attribuire alla reazione di difesa verso l'attacco fungino, data l'assenza di queste PR proteine nel testimone, costituito da piantine non inoculate.

Come appare nella Figura 1, la concentrazione dell'estratto non sembra influenzare l'intensità delle bande delle due proteine.

I cloni studiati si mostrano tutti suscettibili alle differenti specie di *Phytophthora* (Tabella 3), con un indice di suscettibilità medio-alto (3-5), eccetto i cloni VTS02, AP06, Puzzolo, TO08 e VM02 che presentano per la *Phytophthora* Ph 78 un indice intorno a 2.

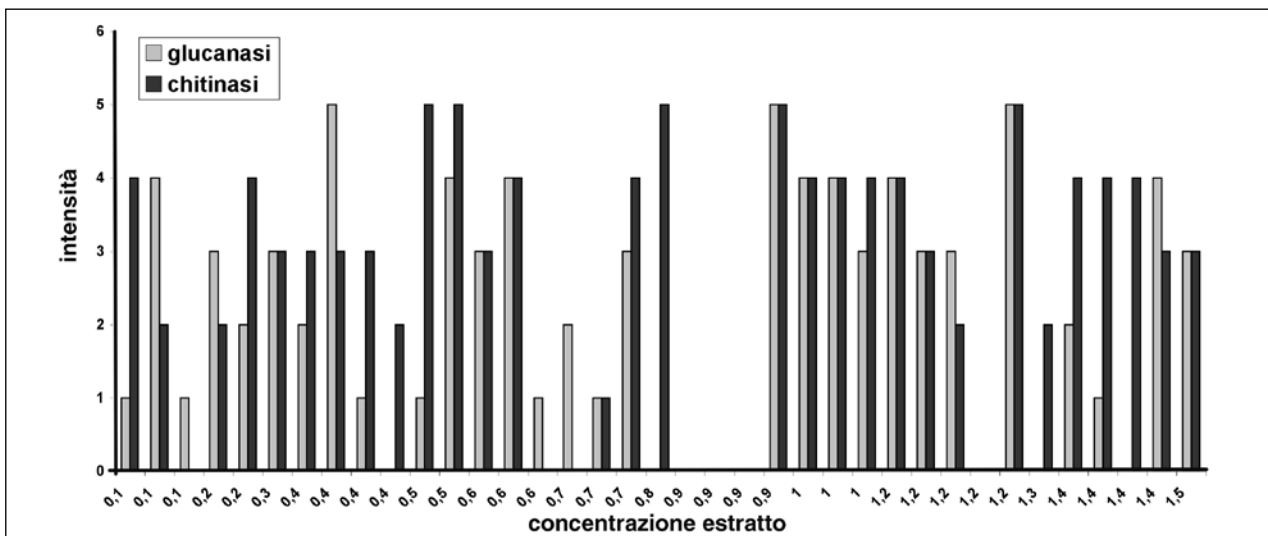
La presenza di glucanasi (Tabella 3, Figura 2, Foto 1) è stata riscontrata in tutti i cloni per tutte le specie di *Phytophthora* inoculati, in tutti i prelievi eseguiti, ad eccezione dei campioni AP06 inoculato con Ph 17, primo prelievo, Puzzolo inoculato con Ph 68 e VC04 inoculati con Ph 17 e Ph 78, secondo prelievo, dove vi è assenza di attività enzimatica, pur presentando tutti una suscettibilità tra 3 e 5.

Il numero totale di bande visualizzate sono state 31 su 37 campioni analizzati.

Intensità 5, massima, è risultata nei campioni R9-1, P17-2 ed M9-2. In quest'ultimo campione è inoltre evidente una banda proteica a basso peso molecolare assente in tutti gli altri campioni. Intensità 1, minima, è stata riscontrata nei campioni C9-2, R17-2, R 68-2, R78-1, A9-2, T9-2 e T78-2. Intensità 4 è risultata nei campioni V9-1, V17-1, A9-1, A17-2, P9-2, P78-2, T17-2; il valore 3 è stato trovato in V9-2, V17-2, C9-1, C17-1, R9-2, A78-1, M17-2, M78-2; intensità 2 in V78-2, C78-1, R17-1, A78-2.

Si può notare che nei cloni VTS02, VC04 e Roti





**Figura 1** - Andamento dell'intensità in  $\beta$ -1,3-glucanasi e chitinasi rispetto alle concentrazioni di proteine totali estratte nei campioni analizzati.  
Intensity proceedings in  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase respect of the total proteins obtained in analysed samples.

**Tabella 3** - Intensità attribuite a  $\beta$ -1,3-glucanasi ed a chitinasi nei differenti cloni.  
Intensity assigned for  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase activities in different clones.

Clone	Phyto	Indice suscet.	Campione	Conc. mg/ml	Intensità glucanasi	Intensità chitinasi
VTS0 02	Ph 9	4,62	V 9-1	1,2	4	4
			V 9-2	1,2	3	3
	Ph 17	3,35	V 17-1	1	4	4
			V 17-2	1,5	3	3
VC 04	Ph 78	2,16	V 78-2	1,4	2	4
			Ph 9	3,5	C 9-1	1,2
	Ph 17	3,37	C 9-2	1,4	1	4
			C 17-1	0,6	3	3
ROTI	Ph 78	3	C 17-2	1,3	0	2
			C 78-1	0,4	2	3
	Ph 9	5	C 78-2	1,4	0	4
			RC	0,9	0	0
AP 06	Ph 9	4,87	R 9-1	0,4	5	3
			R 9-2	0,2	3	2
	Ph 17	4	R 17-1	0,2	2	4
			R 17-2	0	1	0
PUZZOLO	Ph 68	3	R 68-2	0,4	1	3
			Ph 78	3,35	R 78-1	0,1
	Ph 9	4,9	AC	0,9	0	0
			A 9-1	0,1	4	2
TO 08	Ph 17	5	A 9-2	0,5	1	5
			A 17-1	0,4	0	2
	Ph 78	2,125	A 17-2	0,6	4	4
			A 78-1	0,3	3	3
VM 02	Ph 9	4,3	A 78-2	0,7	2	0
			Ph 17	3,46	PC	0,9
	Ph 78	2,59	P 9-2	0,5	4	5
			P 17-2	0,9	5	5
TO 08	Ph 9	4,25	P 68-2	0,8	0	5
			Ph 17	5	P 78-2	1,4
	Ph 78	2,125	TC	1,2	0	0
			T 9-2	0,6	1	0
VM 02	Ph 9	4,3	T 17-2	1	4	4
			Ph 17	3,46	T 78-2	0,7
	Ph 78	2,59	M 9-2	1,2	5	5
			M 17-2	0,7	3	4
Ph 78	2,59	M 78-2	1	3	4	

Legenda - Indice suscet.: indice di suscettibilità (BARZANTI *et al.*, 2004),  
Conc.: concentrazione proteica dell'estratto

viene riscontrata una intensità di glucanasi maggiore nel primo prelievo, fatto dopo 15 giorni, mentre nei campioni di AP06, inoculati con Ph 17, l'andamento è inverso.

La presenza di chitinasi (Tabella 3, Figura 3, Foto 2) è stata riscontrata in tutti i cloni per tutti i ceppi di *Phytophthora* inoculati, in tutti i prelievi eseguiti, ad eccezione dei campioni Roti inoculato con Ph 17, secondo prelievo, che tuttavia presenta una suscettibilità elevata (4,4), AP06 inoculato con Ph 78, secondo prelievo, meno suscettibile (2), e TO08 inoculato con Ph 9, secondo prelievo, dove vi è assenza di attività enzimatica, ma alta suscettibilità (4,24). L'analisi elettroforetica dei testimoni ha rivelato assenza di attività di entrambi gli enzimi.

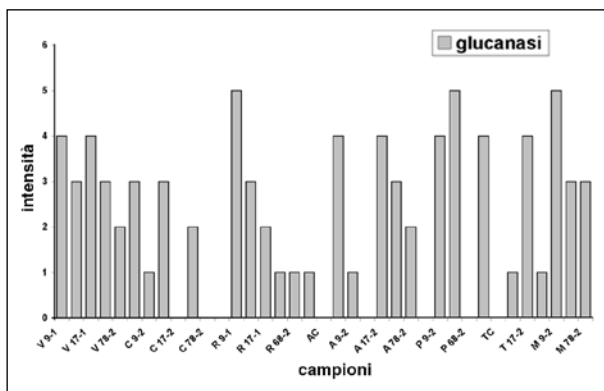
Il numero totale di bande visualizzate sono state 32 su 37 campioni analizzati.

Intensità 5, massima, è stata trovata nei campioni A9-2, P9-2, P17-2, P68-2, M9-2; l'intensità 1, minima, è stata trovata in T78-2 e RC; intensità 4 è stata rilevata in V9-1, V17-1, V78-2, C9-2, C78-2, R17-1, R78-1, A17-2, T17-2, M17-2, M78-2, PC; il valore 3 è in V9-2, V17-2, C17-1, C78-1, R9-1, R68-2, A78-1, P78-2; intensità 2 è stata attribuita a C9-1, C17-2, R9-2, A9-1, A17-1.

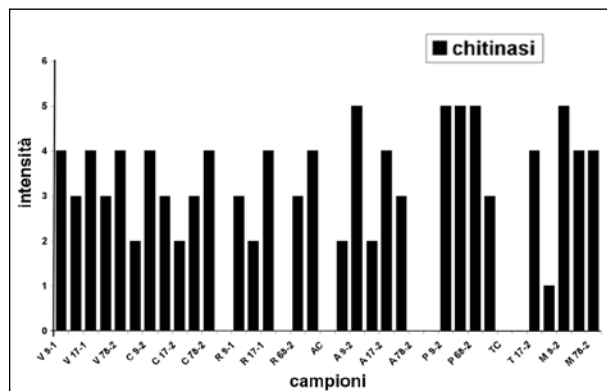
Si può osservare che per la chitinasi nei cloni VTS02 e Roti è stata riscontrata una intensità superiore nel primo prelievo, in AP06 l'andamento è inverso, mentre in VC04 l'andamento è vario.

## Discussione

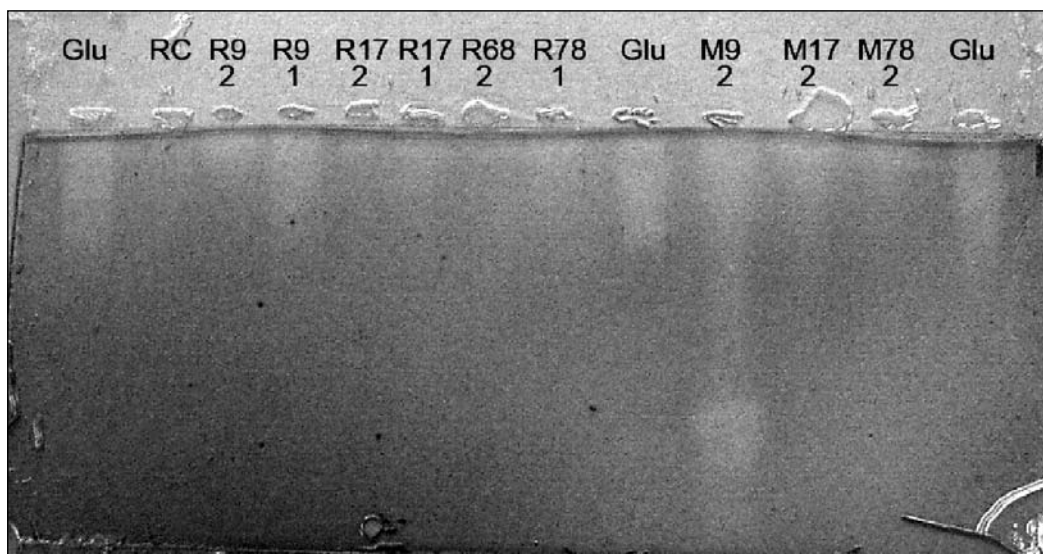
Obiettivo più ampio delle ricerche sviluppate su



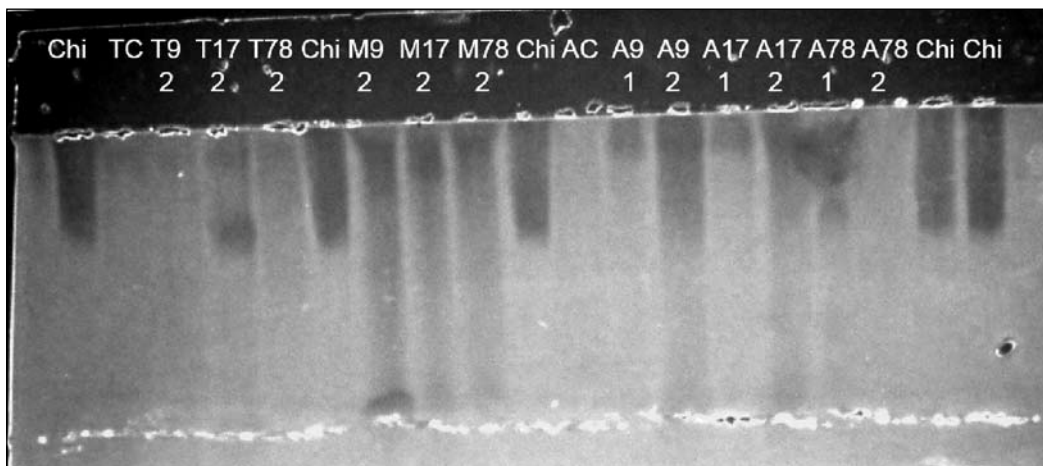
**Figura 2** - Andamento dell'intensità nell'attività di  $\beta$ -1,3-glucanasi in tutti i campioni inoculati e nei differenti periodi di prelievo. *Intensity proceedings in  $\beta$ -1,3-glucanase activity in all inoculated samples and in different times of collection.*



**Figura 3** - Andamento dell'intensità nell'attività di chitinasi in tutti i campioni inoculati e nei differenti periodi di prelievo. *Intensity proceedings in chitinase activity in all inoculated samples and in different times of collection.*



**Foto 1** - Profili elettroforetici dell'attività della glucanasi di alcuni campioni nelle differenti fasi di prelievo. *Electrophoretic profiles of  $\beta$ -1,3-glucanase activity in same samples in the different times of collection.*



**Foto 2** - Profili elettroforetici dell'attività della chitinasi di alcuni campioni nelle differenti fasi di prelievo. *Electrophoretic profiles of chitinase activity in same samples in the different times of collection.*

*P. avium* è di selezionare genotipi con caratteristiche superiori al materiale attualmente diffuso in commercio, da utilizzare nella filiera vivaistica. Devono quindi rispondere anche a requisiti di resistenza ai patogeni più comunemente diffusi. Per tale scopo sono state utilizzate diverse tecniche di indagine, tra le quali la selezione attraverso test precoci *in vitro*, la valutazione della presenza di *PR proteins* normalmente correlate alla resistenza ai patogeni e l'individuazione di geni di resistenza.

Scopo di questo lavoro è stato quello di mettere a punto un metodo di *screening* semplice, veloce ed economico, che permetta di rilevare la presenza di glucanasi e chitinasi, proteine correlate ai meccanismi di induzione alla resistenza a *Phytophthora* spp.

Facendo riferimento ai metodi di analisi presenti in letteratura sono state messe a punto delle modifiche nei protocolli che hanno permesso la rilevazione qualitativa delle due proteine usando *native* PAGE, nonostante l'esiguità dei campioni sui quali è stato possibile lavorare.

La presenza di glucanasi e di chitinasi è stata riscontrata per tutti i ceppi di *Phytophthora* studiati in tutti i cloni di *P. avium* inoculati, mentre queste due proteine sono risultate assenti nelle piante testimone non inoculate.

Le nostre osservazioni mostrano che la produzione di queste proteine è stata indotta dall'infezione di *Phytophthora*, come in altre specie vegetali, dove l'aumento nell'attività di questi due enzimi risulta correlato a patogenesi e svolge un ruolo nella comparsa dei meccanismi di resistenza. Inoltre non è stata osservata una differenza di accumulo delle due proteine tra i genotipi con differenti suscettibilità, ma solamente un aumento di produzione delle proteine dopo l'infezione del patogeno, anche se con tempi diversi.

Queste proteine sono risultate implicate nei meccanismi di difesa contro attacchi fungini in *Capsicum annuum* infettato da *Phytophthora capsici* (KIM e HWANG *op.cit.*), dove l'accumulo della glucanasi era risultato più marcato se si era presentata incompatibilità nell'interazione peperone-*Phytophthora*, mentre non era stata osservata differenza di accumulo di chitinasi tra interazioni compatibili e incompatibili, ma solamente un aumento di quantità dopo l'infezione del fungo. Altri autori hanno dimostrato la relazione tra la glucanasi ed i meccanismi di difesa della pianta alla patogenesi, come PAN *et al. op.cit.* in tabacco inoculato con *Peronospora tabacina* e virus del mosaico, EGEE

*et al. op.cit.* in due cultivar di peperone infettato da *Phytophthora capsici* ed OELOFSE e DUBERRY (1996) in tabacco inoculato con *Phytophthora nicotianae*. Secondo questi autori resta difficile spiegare la differenza di intensità e più incerto appare il ruolo della chitinasi. In *Brassica napus* la chitinasi risulta molto più elevata nelle cultivar suscettibili (RASMUSSEN *et al.* 1992), nel riso infettato da *Pestalotia palmatum* sono stati osservati accumuli di glucanasi e chitinasi soprattutto nelle interazioni incompatibili. Anche in *Hordeum vulgare* (ANDERSEN *et al.* 1997) e in soia infettata da *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* si nota un aumento di chitinasi più elevato nelle interazioni incompatibili che in quelle compatibili (HABEREDER *et al.* 1989) mentre PUNJA e ZHANG (1993) riportano alti livelli di attività chitinasica in piante infettate sia resistenti che suscettibili.

In questo studio i cloni si mostrano notevolmente suscettibili alle specie di *Phytophthora* studiate ad eccezione alla Ph 78, che risulta meno aggressiva verso la maggioranza dei cloni.

Attraverso i protocolli di analisi messi a punto in questo lavoro non è possibile quantificare le proteine e definire le forme isomorfe presenti, ma dato che i profili elettroforetici differiscono nella dimensione e nell'intensità delle bande si può supporre che questa corrisponda ad una differenza di quantità prodotta.

I profili presentano un andamento dei valori differenti nei due momenti di osservazione. Per la glucanasi l'intensità del primo prelievo, dopo 15 giorni, risulta superiore, eccetto che nel clone AP06. Nel clone VC04 inoculato con Ph 17 e Ph 78 è addirittura assente, quindi il momento di massimo accumulo risulta nelle prime fasi dell'infezione. L'intensità delle bande della chitinasi non segue un andamento costante tra i diversi cloni. Più comunemente mostra un'intensità maggiore nel secondo prelievo. Per questo motivo si potrebbe supporre che l'attività cresce a mano a mano che si manifestano i sintomi della patologia.

Nei cloni con massima suscettibilità, T008 con Ph 9 e Roti con Ph 17 la chitinasi è assente al momento del secondo prelievo, ma presente nel precedente. Si suppone che questi genotipi presentino la massima produzione nelle prime fasi dell'attacco fungino.

Anche EGEE *et al. (op.cit.)* hanno messo in evidenza una notevole differenza di intensità e di velocità di risposta tra le cultivar di peperone. E' stato inoltre osservato da PAN *et al. (op.cit.)* che in tabacco inoculato con *Peronospora tabacina* e virus del mosaico

l'andamento della produzione di proteina è differente nelle piante suscettibili da quelle resistenti ed è condizionato anche dalla fase di insorgenza dei sintomi provocati dal patogeno, anche se non tutte le forme isomorfe degli enzimi sono associate ai meccanismi di resistenza al patogeno, possono comunque essere interpretate come sintomo di stress provocato dall'attacco fungino.

Attraverso questa strada viene rilevata in modo chiaro la produzione delle due proteine in seguito all'infezione fungina. Resta difficile tuttavia individuare con certezza la differenza di suscettibilità/resistenza nei cloni di ciliegio analizzati, se non mettendo a confronto questi risultati con quelli ottenuti attraverso gli *screening* precoci *in vitro*, ampliando il numero di genotipi analizzati e confrontando i risultati con i rilievi dei sintomi della patologia sui cloni delle parcelle comparative in campo ed un successivo studio attraverso marcatori molecolari che permettano di individuare i geni di resistenza (*resistance genes*).

## Bibliografia

- ANDERSEN M.D., JENSEN A., ROBERTUS J.D., LEAH R., SKRIVER K., 1997 – *Heterologous expression and characterization of wild-type and mutant forms of a 26 kDa endochitinase from barley (Hordeum vulgare L.)*. Biochemical journal 322: 815-822.
- BARZANTI P., BIANCALANI F., DE ROGATIS A., GHELARDINI L., GUERRI S., SANTINI A., 2004 – *Indagini preliminari per la messa a punto di test precoci di resistenza a Phytophthora sp. in alcuni cloni italiani di ciliegio da legno (Prunus avium L.)*. Forest@ 1 (2): 135-140.
- BRADFORD M.M., 1976 – *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding*. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- COTE F., LETARTE J., GRENIER J., TRUDEL J., ASSELIN A., 1989 – *Detection of  $\beta$ -1,3-glucanase activity after native polyacrylamide gel electrophoresis: application to tobacco pathogenesis-related proteins*. Electrophoresis 10 (7): 527-529.
- DEBORAH S.D., PALANISWAMI A., VELAZHAHAN R., 2001 – *Differential induction of chitinase and  $\beta$ -1,3-glucanase in rice in response to inoculation with pathogen (Rhizoctonia solani) and non-pathogen (Pestalotia palmarum)*. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 36.
- DUCCI F., CANCIANI L., BIONDI S., 1987 – *Prospettive di miglioramento, propagazione e coltivazione del ciliegio da legno (Prunus avium L.)*. Monti e Boschi, XXXVIII 2: 14-19.
- DUCCI F., TOCCI A., VERACINI A., 1988 – *Sintesi del registro del materiale di base di Prunus avium L. in Italia centro settentrionale, Basilicata e Calabria*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. XIX, Arezzo: 265-303.
- DUCCI F., SANTI F., 1996 – *Cloni naturali di ciliegio selvatico (Prunus avium L.): loro significato in foresta e per l'arboricoltura da legno*. Sherwood 14: 11-16.
- DUCCI F., SANTI F., 1997 – *The distribution of clones in managed and unmanaged populations of wild cherry (Prunus avium L.)*. Canadian Journal of Forest Research 27: 1998-2004.
- EGEA C., DICKINSON M.J., CANDELA M., CANDELA M.E., 1999 –  *$\beta$ -1,3-Glucanase isoenzymes and genes resistant and susceptible pepper (Capsicum annum) cultivars infected with Phytophthora capsici*. Physiologia plantarum 107: 312-318.
- ERWIN D.C., RIBEIRO O.K., 1996 – *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press, St. Paul, Minnesota, 562 p.
- GOHEL V., VYAS P., CHHATPAR H.S., 2005 – *Activity staining method of chitinase on chitin agar plate through polyacrylamide gel electrophoresis*. African Journal of Biotechnology 4 (1): 87-90.
- GOHEL V., SINGH A., VIMAL M., ASHWINI P., CHHATPAR H.S., 2006 – *Bio-prospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganisms*. African Journal of Biotechnology 5 (2): 54-72.
- GRAHAM M.Y., WEIDNER K., WHEELER K., PELOW M.J., GRAHAM T.L., 2003 – *Induced expression of pathogenesis-related protein genes in soybean by wounding and the Phytophthora sojae cell wall glucan elicitor*. Physiological and molecular plant pathology 63: 141-149.
- HABEREDER H., SCHROEDER G., EBEL J., 1989 – *Rapid induction of phenylalanine ammonia-lyase and chalcone synthase mRNAs during fungus infection of soybean (Glicine max L.) roots or elicitor treatment of soybean cell cultures at the onset of phytoalexin synthesis*. Planta 177: 58-65.
- HAMMATT N., GRANT N.J., 1997 – *Micropropagation of mature British wild cherry*. Plant, Cell, Tissue and Organ Culture 47: 103-110.
- KALIX S., BUCHENAUER H., 1995 – *Direct detection of  $\beta$ -1,3-glucanase in plant extracts by polyacrylamide gel electrophoresis*. Electrophoresis 16: 1016-1018.
- KAUFFMANN S., LEGRAND M., GEOFFROY P., FRITIG B., 1987 – *Biological function of pathogenesis related proteins: four PR proteins of tobacco have  $\beta$ -1,3-glucanase activity*. The EMBO journal 6 (11): 3209-3212.
- KIM Z.S., 1979 – *Inheritance of leucine aminopeptidase and acid phosphatase isozymes in beech (Fagus sylvatica L.)*. Silvae Genetica 28: 2-3.
- KIM Y.J., HWANG B.K., 1994 – *Differential accumulation of  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase isoforms in pepper stems infected by compatible and incompatible isolates of Phytophthora capsici*. Physiological and molecular plant pathology 45: 195-209.
- KIM Y.J., HWANG B.K., 1997 – *Isolation of a basic 34 kiloDalton  $\beta$ -1,3-glucanase with inhibitory activity against Phytophthora capsici from pepper stem*. Physiological and molecular plant pathology 50: 103-115.
- LEGRAND M., KAUFFMANN S., GEOFFROY P., FRITIG B., 1987 – *Biological function of pathogenesis-related proteins are chitinases*. Proceedings of the National Academy of Science USA 84: 6750-6754.

- NIEDERMAN T., GENETTE I., BRUYERE T., GEES R., STINTZI A., LEGRAND M., FRITIG B., MÖSINGER E., 1995 – *Pathogenesis-related PR-1 proteins are antifungal*. *Plant physiology* 108: 17-27.
- OELOFSE D., DUBERRY I.A., 1996 – *Induction of defense responses in cultured tobacco cells by elicitors from Phytophthora nicotianae*. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology* 28: 295-301.
- PAN S.Q., YE X. S., KÜC J., 1989 – *Direct detection of  $\beta$ -1,3-glucanase isozymes on polyacrylamide electrophoresis and isoelectrofocusing gels*. *Analytical biochemistry* 182: 136-140.
- PAN S.Q., YE X. S., KÜC J., 1991a – *A technique for detection of chitinase,  $\beta$ -1,3-glucanase, and protein patterns after a single separation using polyacrylamide gel electrophoresis or isoelectrofocusing*. *Phytopathology* 81: 970-974.
- PAN S.Q., YE X. S., KÜC J., 1991b – *Association of  $\beta$ -1,3-glucanase activity and isoform pattern with systematic resistance to blue mould in tobacco induced by stem injection with peronospora tabacina or leaf inoculation with tobacco mosaic virus*. *Physiological and molecular plant pathology* 39: 25-39.
- PUNJA Z.K., ZHANG Y.E., 1993 – *Plant chitinases and their role in resistance to fungal disease*. *Journal of nematology* 25: 526-540.
- RASMUSSEN U., BOJSEN K., COLLINGE D.B., 1992 – *Cloning and characterization of a pathogen-induced chitinase in Brassica napus*. *Plant Molecular Biology* 20: 277-287.
- SELITRENNIKOFF C.P., 2001 – *Antifungal proteins*. *Applied and environmental microbiology* 67 (7): 2883-2894.
- SIBLE G.V., MARIMUTHU T., RABIDRAN R., VELAZHAAN R., 2004 – *Induction of resistance in rice against Xanthomonas oryzae pv. oryzae by foliar application of cow dung water extract*. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 39.
- VAN LOON L.C., VAN STRIEN E.A., 1999 – *The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins*. *Physiological and molecular plant pathology* 55: 85-97.
- VAN WEST P., APPIAH A.A., GOW N.A.R., 2003 – *Advances in research on oomycete root pathogens*. *Physiological and molecular plant pathology* 62: 99-113.
- WOLOSHUK C., MEULENHOF J.S., SELA-BUURLAGE M., VAN DE ELZEN P. J. M., CORNELISSEN B.J.C., 1991 – *Pathogen-induced proteins with inhibitory activity toward Phytophthora infestans*. *The plant cell* 3: 619-628.
- WU C.T., BRADFORD K., 2003 – *Class I Chitinase and  $\beta$ -1,3-glucanase are differentially regulated by wounding, methyl jasmonate, ethylene, and gibberellin in tomato seeds and leaves*. *Plant Physiology* 133: 263-273.



# Delimitazione di Regioni di Provenienza per la gestione dei Materiali Forestali di Base in Campania<sup>1</sup>

Fulvio Ducci, Mario Vannuccini, Giovanni Carone, Stefano Vedele, Stefano Cilli, Salvatore Apuzzo<sup>2</sup>

*Accettato il 10 aprile 2008*

**Riassunto** – La Direttiva 1999/105/CE ha stabilito che per garantire un criterio comune nella gestione dei materiali forestali di moltiplicazione, siano definite Regioni di Provenienza (principalmente per la gestione di materiali “Identificati alla Fonte” e/o “Selezionati”). Gli Autori illustrano un metodo per individuare Regioni di Provenienza, con approccio “partitivo-ecologico” delle specie forestali in ambiente mediterraneo. Il metodo consiste in una procedura suddivisa in due fasi: 1) inizialmente viene elaborato uno schema di regioni di provenienza basato sui principali parametri derivati da fattori ecologici, 2) successivamente si procede alla valutazione della validità delle scelte fatte con l’analisi statistica multivariata (Analisi Discriminante) condotta sull’informazione bio-climatica e geo-litologica, identificando anche i fattori di maggior peso nella delimitazione delle Regioni di Provenienza. Questo metodo applicato ad una regione come la Campania, caratterizzata da notevoli differenze ambientali tra fascia costiera ed entroterra, ha portato alla definizione di quattro Regioni di Provenienza. Le regioni interne R5 e R6, inizialmente definite a priori sulla base di caratteri ambientali e geografici, di maggior altitudine, caratterizzate da clima a tendenza “oceanica”, sono molto omogenee tra loro e ragionevolmente hanno potuto, dal punto di vista ecologico essere riunite in una. Lo stesso è avvenuto per quelle costiere che si differenziano per una maggior ricchezza della copertura forestale nella sottozona meridionale. Tuttavia, prudenzialmente, in attesa di concludere analisi genetiche su varie specie forestali, e considerata la differenziazione che frequentemente si riscontra in popolazioni di montagna nel Meridione, si è preferito per il momento mantenerne la separazione interna in sottozone, per garantirne a priori la conservazione di risorse genetiche di possibile pregio.

**Parole chiave:** *Regioni di Provenienza, Metodo Partitivo, Materiali di Base, Materiali di Propagazione, Boschi da Seme, Vivaistica forestale.*

**Abstract** – *Delimitation of Provenance Regions for the management of Forest Reproductive Materials in Campania.* The 1999/105/CE Directive has set Provenance Regions as the standard European management approach of forest propagation materials (mainly for “Source Identified” and “Selected Materials”). The Authors report about a method for establishing Provenance Regions for forest species in Mediterranean environments (partitive-ecologic approach). The method consists of an iterative two steps procedure: a scheme of Provenance Regions is first worked out on the grounds of environmental factors and technical qualifications, and then validated by statistical analysis (Discriminant Analysis) performed on bio-climatic and geo-lithologic data. The method, applied to region Campania, led to the definition of six Provenance Regions. The initially considered regions of the interior and higher elevation areas under more “oceanic” conditions, R5 and R6 appeared really homogeneous and were merged to form two sub-regions. The same method was applied to merge regions R1 and R2 in sub-regions. Anyway, because of the supposed higher differentiation among fractionated ranges of many southern species, these Provenance Regions should be kept distinct in order local Forest Genetic Resources will be preserved.

**Key words:** *Provenance Regions, Partitive Method, Basic Materials, Reproductive Materials, Seed Stands, Forest Nursery System.*

*F.D.C.: 232.12:232.32 : (450.72)*

## Premessa

In attuazione della Dir. 1999/105/CE e per una migliore gestione delle Risorse Genetiche Forestali, la definizione di Regioni di Provenienza (RdP) e di impiego dei materiali forestali di propagazione è un passo di notevole importanza per assicurare sostenibilità alle piantagioni e per tutelare risorse ancora non ben conosciute classificabili commercialmente come materiali *Identificati alla fonte* e/o *Selezionati*. L’articolo propone un metodo per la definizione di Regioni di Provenienza in ambiente mediterraneo,

sperimentato per la prima volta in Campania.

## Introduzione

### *Esplorazione e selezione di popolazioni di base*

Con il recepimento della Direttiva europea 1999/105/CE, avvenuto con il D.Lgs. 386/2003, le Regioni possono adeguarsi autonomamente alle normative europee in materia di produzione e commercializzazione dei materiali forestali di propagazione.

In Campania, l’unico materiale di base forestale iscritto al vecchio Libro Nazionale dei Boschi da Seme

<sup>1</sup> Lavoro svolto nell’ambito della convenzione tra CRA-Sel e Regione Campania “Identificazione e selezione di materiali forestali di base per la Campania in conformità con la direttiva europea 1999/105/CE”, Ducci F. responsabile scientifico ([fulvio.ducci@entecra.it](mailto:fulvio.ducci@entecra.it)).

<sup>2</sup> Regione Campania – Assessorato Agricoltura, Servizio Foreste Caccia e Pesca, Centro Direzionale Isola A/6, Napoli.

fino ad oggi era il bosco di *Alnus cordata* di Piaggine (Sa) n. 147. Dal 2003, nell'ambito della una convenzione indicata in nota, tra CRA – Centro di Ricerca per la Selvicoltura e Regione Campania, sono state avviate ricerche e sperimentazioni per adeguare la filiera forestale campana alle nuove disposizioni di legge in materia di Materiali Forestali di Base e di Propagazione che prevedono, fra l'altro, la definizione di Regioni di Provenienza per le specie forestali (CALVO, 2003; CAMORIANO e DUCCI, 2004) e la selezione di materiali forestali di base. Si è proceduto all'individuazione sul territorio campano di popolazioni e boschi rispondenti ai requisiti minimi per la produzione di materiali di moltiplicazione da destinare alla filiera vivaistica.

Per i popolamenti selezionati fenotipicamente, oltre all'esplorazione della variabilità genetica tramite marcatori genetici sono state avviate prove comparative che serviranno a classificare i materiali migliori come Controllati nel Registro Regionale dei Materiali Forestali di Base. In questa fase preliminare è stato necessario collaborare con i tecnici dei settori forestali centrali e periferici della Regione, delle Comunità Montane e con il Corpo Forestale dello Stato.

Non esistendo ancora un inventario forestale regionale di dettaglio e quindi non disponendo di cartografie utili ai nostri scopi sulla distribuzione delle specie forestali, si è reso necessario procedere, per quelle scelte come modelli, all'esplorazione diretta di aree o popolazioni segnalate come particolarmente significative dalla letteratura o dall'esperienza diretta dei tecnici sul territorio. Le cinque specie modello prescelte sono: *Acer campestre*, *Alnus cordata*, *Castanea sativa*, *Cupressus sempervirens* e *Quercus cerris*.

Per tutte le popolazioni di maggior interesse, quelle considerate "candidate", sono state compilate schede sintetiche, in cui si descrivono le principali caratteristiche botaniche, ecologiche e dendrometriche dei soprassuoli, i dati amministrativi e climatici.

Questo lavoro ha permesso di selezionare popolazioni che costituiscono oggi il nucleo iniziale del Registro Regionale dei Materiali Forestali di Base. Queste in parte sono già classificate come *Selezionate*. Altre sono invece semplicemente registrate come *Identificate alla fonte*, ovvero da considerare come riserva conosciuta, almeno per l'origine, a cui attingere provvisoriamente qualora non si abbia a disposizione materiale con caratteristiche migliori (tabella 1) nella stessa RdP di appartenenza.

### **Le Regioni di Provenienza**

La Regione di Provenienza è definita dalla Direttiva 1999/105/CE come "il territorio o l'insieme dei territori soggetti a condizioni ecologiche sufficientemente uniformi e sui quali si trovano soprassuoli o fonti di semi con caratteristiche fenotipiche o genetiche analoghe, tenendo conto dei limiti altimetrici ove appropriato". Le Regioni di Provenienza sono un aspetto fondamentale nell'applicazione della Direttiva: queste rappresentano, infatti, le *unità gestionali di base* per regolare la circolazione dei materiali di propagazione. In linea di principio, la delimitazione di Regioni di Provenienza ha lo scopo di garantire l'impiego razionale del materiale vivaistico di cui non si conosca approfonditamente l'interazione *genotipo x ambiente*, evitando che tali materiali finiscano in condizioni ecologiche improprie. Laddove esista una notevole diversità intraspecifica, da salvaguardare rispetto all'introduzione di materiali che potrebbero alterare la struttura genetica delle popolazioni (PALMBERG-LERCHE, 1999), l'uso delle RdP rappresenta un valido strumento di difesa delle risorse genetiche forestali. Viceversa, nel caso di popolazioni che a causa di perturbazioni antropiche o naturali hanno subito una considerevole erosione genetica, si può porre il problema di arricchire la variabilità con appropriati flussi genici (DUCCI e PIGNATTI 2003). Il percorso metodologico proposto è applicato per la prima volta in Italia meridionale, in un contesto spiccatamente mediterraneo, diverso da quello di altre regioni caratterizzate da differenti contesti fitosociologici, geopedologici e climatici, come nel Nord il Piemonte (BELLETTI *et al.*, 2004) e la Lombardia (ARALDI *et al.*, 2002, DUCCI *et al.*, 2007) e nel Centro la Toscana (DUCCI e VANNUCCINI, 2006).

Il lavoro più ampio in cui si colloca questo caso di studio sulla Campania, si pone l'obiettivo di perfezionare un metodo condivisibile e di sperimentarlo sul campo in diversi contesti territoriali, adattandolo di volta in volta alle peculiarità regionali.

### **Materiali e metodi**

Nella delimitazione di Regioni di Provenienza è possibile distinguere due approcci metodologici: l'*associativo* ed il *partizionista*.

L'approccio *associativo* tiene conto prevalentemente dei parametri genetici delle popolazioni, raggruppandole in provenienze quando i popolamenti manifestano maggiori affinità su basi genetiche. Esso



richiede pertanto informazioni genetiche relative a un notevole numero di popolazioni, in modo da assicurare una sufficiente rappresentatività.

L'approccio *partizionista* prevede viceversa la ripartizione del territorio in aree ecologicamente omogenee, facendo riferimento alle variazioni dei principali parametri climatici e geografici che abbiano significato a livello locale.

Nella definizione delle Regioni di Provenienza per la Campania sono stati seguiti i principi generali, su base partizionista, proposti da DUCCI e PIGNATTI (2004). Rispetto a precedenti esperienze (ad esempio, la Toscana; DUCCI e VANNUCCINI, 2006), l'assenza di dati inventariali a livello regionale non ha permesso la delimitazione di RdP per singole specie, orientando il lavoro verso una suddivisione di ordine generale in zone ecologicamente omogenee. L'approccio metodologico adottato è consistito in un processo iterativo costituito da due fasi principali:

1. una fase di *valutazione e interpretazione* empirica dei fattori ecologici, sulla base dei quali sono definite, in prima approssimazione, le Regioni di Provenienza; nella delimitazione di queste intervengono anche considerazioni di ordine tecnico-amministrativo e logistico;
2. una fase di *validazione* delle RdP, mediante analisi statistica multivariata, condotta, considerando i principali fattori ecologici (principalmente parametri climatici e pedologici), al fine di identificare quelli maggiormente significativi ai fini della delimitazione.

Sulla base dei risultati del processo di validazione le Regioni di Provenienza sono infine sottoposte ad revisione critica, condotta anche mediante verifica diretta sul territorio, che può portare a modifiche sostanziali rispetto allo schema di suddivisione inizialmente proposto. Le RdP così modificate sono sottoposte nuovamente a validazione finché, per approssimazioni successive, non si giunge ad una suddivisione considerata soddisfacente rispetto sia ai requisiti di omogeneità ecologica, sia alle necessità applicative.

### 1. Delimitazione delle Regioni di Provenienza

La delimitazione delle regioni di provenienza ha comportato preliminarmente la raccolta e l'analisi di informazioni relative ai principali parametri ambientali disponibili a livello regionale. Lo studio bioclimatico della Campania realizzato da IOVINO e MENGUZZATO

(1991) è stato la principale fonte per quanto concerne le informazioni relative al bioclima. Riguardo alle precipitazioni, le isoiete annue riportate nello studio citato sono state acquisite in ambiente GIS ed utilizzate per produrre la mappa della piovosità annua. Gli strati informativi relativi alle temperature sono stati ottenuti per mezzo delle equazioni di regressione elaborate da IOVINO e MENGUZZATO (1991), che pongono in relazione vari parametri termici (temperatura media annua, temperatura media del mese più freddo, temperatura media del mese più caldo, ecc.) con l'altitudine. Disponendo di un DEM (*Digital Elevation Model*) per l'intera regione, per mezzo di semplici operazioni di *map algebra* sono state ottenute 20 mappe relative ai principali parametri termici su base annuale e mensile (figura 1). Gli strati informativi appena descritti sono stati ulteriormente elaborati per produrre le mappe relative ai seguenti indici climatici (figura 2):

#### 1. indice di aridità di DE MARTONNE

$$I_a = \frac{R}{T+10}$$

dove: R = piovosità annua; T = temperatura media annua.

#### 2. Indice igrotermico di AMANN

$$I_i = R \frac{T}{T_{VII} - T_I}$$

dove: R = piovosità annua; T = temperatura media annua; T<sub>VII</sub> = temperatura media di luglio; T<sub>I</sub> = temperatura media di gennaio.

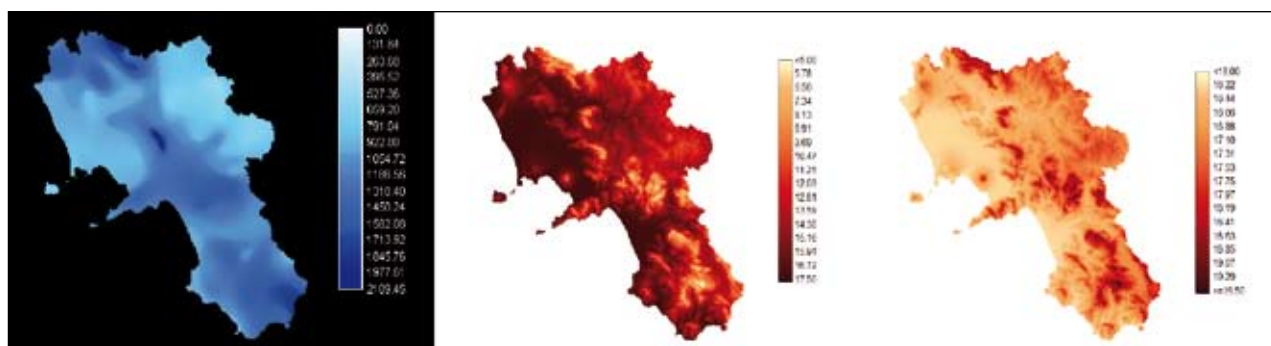
#### 3. Quoziente igrotermico di EMBERGER

$$Q = 100 \frac{R}{M^2 - m^2}$$

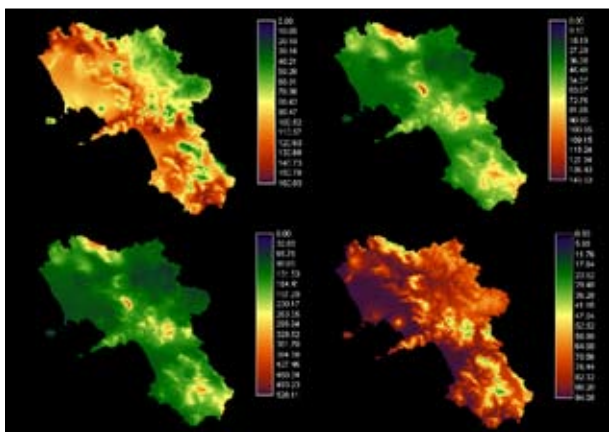
dove: R = piovosità annua; M = media delle massime giornaliere del mese più caldo; m = media delle minime giornaliere del mese più freddo.

**Tabella 1** - Materiali Forestali di Base *Identificati alla Fonte* e *Selezionati* (in neretto) in Campania.  
*List of Basic Forest Materials Source Identified and registered as Selected in Campania.*

Id	Codice RdP	Comune	Località	Specie	Tipo	Categ. comm	Latit. (N)	Longit. (E)	Altit. (mt)	Espos.
1	ITAQCE2R2B	Campora (Sa)	Bosco_Montagna	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°18'	15°17'	500	O-SO
2	ITAQCE2R2B2	Campora (Sa)	Raia_Monticchio	<b>Q.cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°19'	15°17'	500	O-NO
3	ITACSA1R2B	Campora (Sa)	Valle della Noce	<i>C. sativa</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40° 16'	15°20'	950	O-NO
4	ITAACO2R2B	Valle dell'Angelo (Sa)	Lagostello_Lagarelli	<b>A. cordata</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°17'	15°24'	1000	NE
5	ITACSA1R2B	Sanza (Sa)	Vesolo	<i>C. sativa</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°16'	15°35'	980	NE
6	ITAACA1R2B	Sanza (Sa)	Vesolo	<i>A. campestre</i>	Area di raccolta	Identificato alla fonte	40°18'	15°35'	650	SE
7	ITAACA1R2B	Montesano s. Marcel. (Sa)	Cerreta sett. B	<i>A. campestre</i>	Area di raccolta	Identificato alla fonte	40°15'	15°41'	550	O
8	ITAQCE2R2B	Montesano s. Marcel. (Sa)	<b>Cerreta</b>	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°15'	15°39'	550	SO
9	ITAQCE1R2A	Acerno (Sa)	Costa del Filigatti	<i>Q. cerris</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°44'	15°05'	950	S
10	ITACSA1R2B	Acerno (Sa)	Costa del Filigatti	<i>C. sativa</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°44'	15°05'	950	S
11	ITAACO1R2A	Bagnoli Irpino (Av)	Piano Migliato	<i>A. cordata</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°45'	15°70'	1200	O
12	ITAQCE1R2A	Calabritto (Av)	Gaudo	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°45'	15°09'	1000	S-SE
13	ITAACA1R2A	Lioni (Av)	Monte Oppido	<i>A. campestre</i>	Area di raccolta	Identificato alla fonte	40°51'	15°12'	950	O
14	ITAQCE1R2A	Montemarano (Av)	Bosco dei Morrioni	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°54'	14°59'	850	O
15	ITAACA1R1A	Baia e Latina (Ce)	Scafa	<i>A. campestre</i>	Area di raccolta	Identificato alla fonte	41°19'	14°14'	1000	O
16	ITAQCE1R1A	Roccamonfina (Ce)	Monte Santa Croce	<i>Q. cerris</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	41°17'	13° 58'	850	S
17	ITAQCE1R2A	Roccarainola (Na)	Maio a Monte	<i>Q. cerris</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°99'	14°57'	850	O-SO
18	ITAQCE1R2A	Arpaia (Bn)	Piano Maggiore	<i>Q. cerris</i>	Soprassuolo	Identificato alla fonte	40°01'	14°56'	900	O
19	ITAQCE1R2A	Cautano (Bn)	Cerreto	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	41°15'	14°62'	900	S
20	ITAACA1R3	Pontelandolfo (Bn)	Castello dell'Avellana	<i>A. campestre</i>	Area di raccolta	Identificato alla fonte	41°17'	14°38'	750	SO
21	ITAQCE1R4	Castelpagano (Bn)	Terre del Baraccone	<b>Q. cerris</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	41°43'	14°80'	750	SO
22	ITACSE2R3	Fontegreca (Ce)	Madonna dei Cipressi	<b>C. sempervirens</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	41°27'	14°11'	600	SE-SO
147	ITAACO2R2B ex LNBS	Valle dell'Angelo (Sa)	Pian della Fonte	<b>A. cordata</b>	Soprassuolo	<b>Selezionato</b>	40°17'	15°21'	850	O-SO



**Figura 1** - Mappa della piovosità annua (a sinistra), della temperatura media annua (al centro) e dell'escursione termica annua (a destra).  
*Maps of the mean annual rainfalls (left), of the mean annual temperatures (°C., centre) and of the mean annual temperature range (right).*



**Figura 2** - Mappe degli indici climatici. Da sinistra, indice di Amann, di De Martonne, di Emberger e indice di efficienza termica di Thornthwaite.

*Distribution maps of the main climatic parameters in Campania. From the left side: index after Amann, index after De Martonne, index of thermic efficiency after Thornthwaite.*

#### 4. Indice di efficienza termica di THORNTHWAITTE

$$I = \sum_{i=1}^{i=12} \left( \frac{9T}{20} \right)_i$$

dove: T = temperatura media annua.

Dal succitato studio bioclimatico è stata infine ripresa la cartografia relativa alle zone fitoclimatiche secondo PAVARI (1916). Le principali informazioni su litologia, geomorfologia e pedologia sono state valutate sulla base della Carta Ecopedologica dell'Unione Europea (EUROPEAN SOIL BUREAU, 2001), in scala 1:250.000. Si tratta di una fonte standard di informazione geopedologica a livello europeo. Infine, alcuni dati orientativi sul patrimonio forestale sono stati ricavati dalla Carta dell'Uso Agricolo del Suolo della Regione Campania, che riporta informazioni generiche sulla copertura forestale per ampie categorie (conifere, latifoglie, macchia mediterranea, ecc.). Nella scelta dei confini delle Regioni di Provenienza si è fatto riferimento ad elementi geografici che possono agire da barriere ai flussi di geni, come l'orografia, la rete idrografica maggiore e le aree urbanizzate. Laddove non è stato possibile individuare dei confini fisiografici evidenti, i limiti delle RdP sono stati appoggiati a quelli delle zone fitoclimatiche oppure, quando ritenuto opportuno, a confini amministrativi.

## 2. Validazione delle Regioni di Provenienza

Poiché le Regioni di Provenienza, delimitate con la procedura appena descritta, manifestano un certo grado di variabilità interna dei principali parametri bioclimatici e geopedologici, lo schema proposto è stato sottoposto ad analisi statistiche finalizzate a verificare la significatività della suddivisione adottata. Per quanto concerne i principali parametri geopedologici, è stata adottata la procedura proposta da DUCCI e PIGNATTI (2004). Con un'operazione di *cross-tabulation* fra la cartografia delle Regioni di Provenienza e la Carta Ecopedologica (a livello gerarchico di maggior dettaglio, ossia di Unità Ecopedologiche) è stata calcolata, per ogni Regione di Provenienza, la percentuale di superficie coperta da ciascuna Unità Ecopedologica.

I dati risultanti sono stati analizzati con *cluster analysis*, al fine di evidenziare le affinità fra RdP e di valutarne l'eterogeneità interna. Le differenze fra Regioni di Provenienza rispetto ai parametri bioclimatici, espressi per mezzo degli indici climatici, sono state verificate mediante analisi della varianza univariata. Successivamente è stato adottato un approccio multivariato, verificando la classificazione territoriale mediante Analisi Discriminante. Tutte le analisi sono state effettuate su immagini in formato *raster* con risoluzione di 16 ha, corrispondente a dimensioni del *pixel* di 400x400 m.

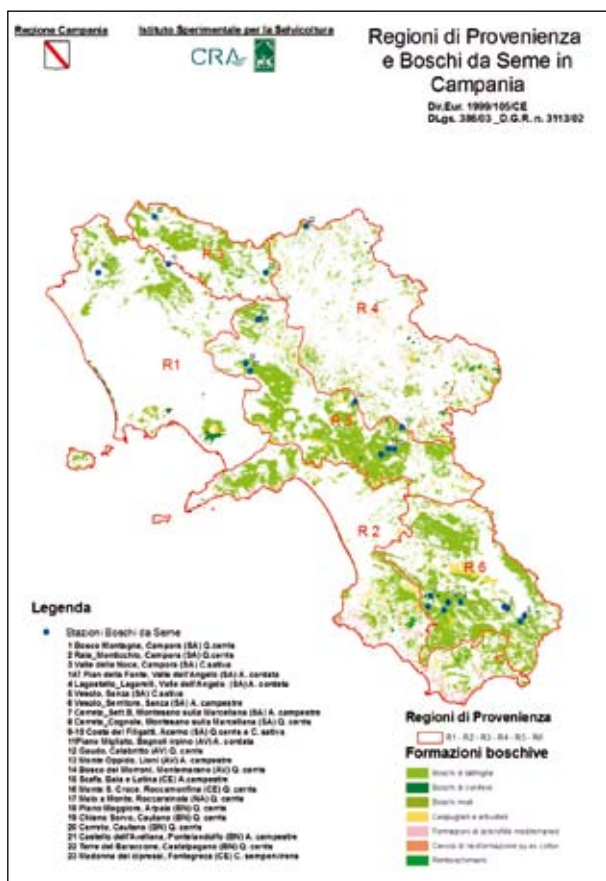
## Risultati

### 1. Delimitazione a priori

Lo schema di delimitazione stabilito *a priori*, ha portato inizialmente a ritenere soddisfacente una ripartizione del territorio campano in 6 Regioni di Provenienza (figura 3) aggregate e delimitate prendendo come riferimento tutti gli elementi geografici che possono agire da barriere ai flussi di geni come l'orografia, la rete idrografica e le aree urbanizzate. Dove non è stato possibile individuare un chiaro limite fisiografico, si è cercato di far coincidere la delimitazione con l'altimetria delle zone fitoclimatiche o con i confini amministrativi, provinciali o comunali.

### 2. Validazione statistica

Attraverso il processo di validazione con metodo statistico si è giunti a determinare un numero minore di RdP, quattro. Questo risultato è stato ottenuto riunendo le regioni costiere mediterranee e quelle interne



**Figura 3 -** Regioni di Provenienza determinate inizialmente *a priori* e distribuzione delle risorse forestali della Campania  
*Provenance Regions mapped initially a priori together with the distribution of forest resources in Campania.*

montane a clima tendenzialmente “oceanico”. In definitiva alcune delle RdP inizialmente fissate sono state trasformate in sottoregioni di una più ampia.

Si riporta, delle Regioni individuate, una descrizione sintetica:

**1. Zona costiera tirrenica: Regione di Provenienza R1, (sottoregioni R1A, R1B)**

- **sottoregione R1A**; comprende i territori delle aree costiere più settentrionali separate dai rilievi circostanti dalla rete idrografica. Si estende principalmente nelle province di Napoli e Caserta, è caratterizzata da paesaggi ad elevata densità antropica con importanti zone ad uso agricolo. Ad eccezione dei rilievi vulcanici del Vesuvio e Roccamonfina, questa regione è la meno interessante dal punto di vista delle risorse forestali. In essa possono essere impiegati MFR provenienti dalla sottoregione R1B o dalle regioni analoghe del Lazio.
- **sottoregione R1B**, comprende la fascia costiera

del salernitano e la Penisola sorrentina; è caratterizzata da rilievi a ridosso del mare che superano i 1000 m. s.l.m. con i Monti Lattari. Si tratta della sottoregione di provenienza più eterogenea e più ricca dal punto di vista floristico e vegetazionale e pertanto in essa è necessario porre maggiore attenzione nella gestione e nell’uso di material forestali di riproduzione, al fine di tutelare eventuali emergenze biologiche forestali locali, un tipico esempio è il monte Faito, le cui popolazioni di alta quota dovranno essere tutelate impiegando materiale locale. Essa desta grande interesse, poiché comprende numerose fasce climatiche che spaziano dalla macchia mediterranea alle faggete. All’interno della regione è inclusa l’ampia pianura del Sele che presenta i caratteri di antropizzazione ed uso del suolo descritti in R1A.

**3. Zona montana dell’Appennino: Regioni di Provenienza R2 (sottoregioni R2A, R2B) e R3**

La zona montana interna era stata inizialmente suddivisa in 3 RdP ben distinte, corrispondenti ai tre massicci montuosi principali della Campania: R3 - Matese, R5 - Irpinia e Taburno, R6 – Cilento e Vallo di Diano. Queste tre regioni rappresentano la fascia climatica interna caratterizzata da elevati picchi di piovosità e temperature medie annue relativamente basse. Per quanto R6 denoti caratteristiche più “continentali”, suffragate dalla presenza di estese popolazioni di cerro e di quota relativamente minore, R5 ed R6 sono apparse già molto affini durante l’elaborazione cartografica condotta *a priori*.

La zona montana interna era stata inizialmente suddivisa in 3 RdP ben distinte, corrispondenti ai tre massicci montuosi principali della Campania: R3 - Matese, R5 - Irpinia e Taburno, R6 – Cilento e Vallo di Diano. Queste tre regioni rappresentano la fascia climatica interna caratterizzata da elevati picchi di piovosità e temperature medie annue relativamente basse. Per quanto R6 denoti caratteristiche più “continentali”, suffragate dalla presenza di estese popolazioni di cerro e di quota relativamente minore, R5 ed R6 sono apparse già molto affini durante l’elaborazione cartografica condotta *a priori*.

**R2.** La Regione di Provenienza R2 tocca gli ambienti tipici della dorsale appenninica, ricca di ecosistemi forestali di tipo mesofilo di quota medio alta, caratterizzati da elevata piovosità. Aggregati in due grandi

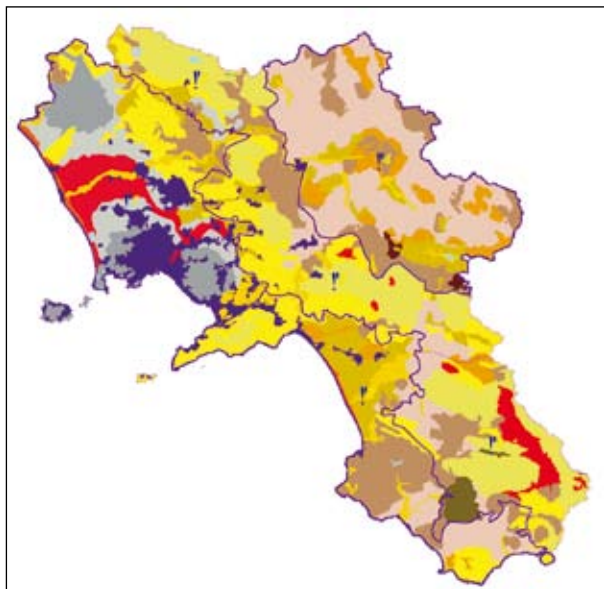
sistemi orografici l'Irpinia e il Monte Taburno (**sotto-regione R2A**) nella parte settentrionale e il Cilento e il Vallo di Diano (tra l'altro protetti dall'omonimo Parco nazionale) dall'altro (**sotto-regione R2B**). In queste due sottoregioni si localizzano le risorse forestali più importanti della Campania, sono caratterizzate da clima con evidente impronta *oceanica*, con naturale vocazione forestale.

Le popolazioni di base ivi selezionate debbono essere tutelate con accorta scelta dei materiali da impiegare nelle piantagioni che saranno realizzate nelle aree limitrofe.

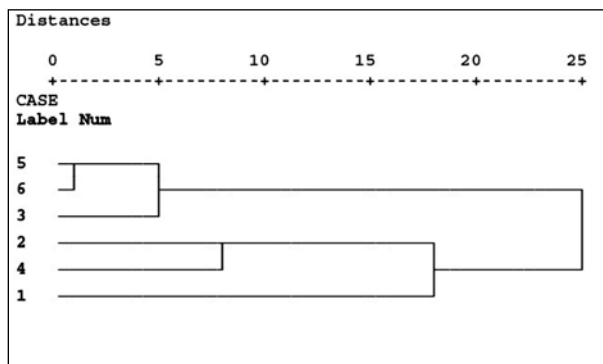
**R3.** Questa comprende il territorio del complesso del Matese; che già differisce dalla precedenti presentando elementi ambientali caratterizzanti le RP con cui confina. In tabella 3, relativa all'analisi delle componenti principali, è evidente la condivisione di tratti comuni con altre Regioni di provenienza limitrofe.

### 3. Zona interna a carattere continentale: **Regione di Provenienza R4**

**R4** è una estesa zona interna situata a cavallo dello spartiacque tra i versanti tirrenico ed adriatico, che si contraddistingue per la minore piovosità ed l'aridità più marcata rispetto, oltre che per la frammentazione della copertura forestale.



**Figura 4** - Eterogeneità interna alle Regioni di Provenienza in relazione alle Sotto Regioni di Suoli della Carta Ecopedologica dell'Unione Europea (2001).  
*Within eco-pedology (European Eco-Pedology Map of Europe, 2001) variation of Provenience Regions.*



**Figura 5** - Dendrogramma di similitudine tra RdP (analisi dei cluster).  
*Cluster Analysis performed on the Provenience Regions (similarity).*

L'eterogeneità interna alle Regioni di Provenienza, nei confronti delle Unità Ecopedologiche della Carta Ecopedologica dell'Unione Europea, è evidente in figura 4.

L'analisi dei cluster (figura 5) distingue inizialmente due gruppi ben caratterizzati sotto il profilo climatico e pedologico, costituiti l'uno dalle Regioni di Provenienza attestate sulla dorsale appenninica (Matese, Irpinia, zone interne del Cilento e Vallo di Diano) e l'altro dalla fascia costiera e dalle zone interne a clima più continentale. L'affinità fra le regioni del cluster appenninico è dovuta essenzialmente alla comune prevalenza di substrati calcarei, dolomitici e calcareo-marnosi con coperture piroclastiche discontinue, unità litologiche caratteristiche dell'Appennino campano. Successivamente, l'analisi separa la zona costiera tirrenica settentrionale (caratterizzata, sotto il profilo litologico e geomorfologico, dalla pianura bonificata del Volturno, costituita da depositi piroclastici frammisti a terreni umiferi, limi, argille e depositi di colmata, e dai con vulcanici del Vesuvio e di Roccamonfina) dal Cilento e dalle aree interne più continentali del Sannio e dell'Irpinia (R4): sebbene ben caratterizzate sotto il profilo climatico e geo-morfologico, l'analisi rileva le affinità litologiche dovute ai rilievi collinari di natura argillosa e argilloso-calcareo e ai terrazzi alluvionali del Sele e del Calore. Riguardo ai dati bio-climatici, dall'analisi della varianza risultano differenze significative fra le Regioni di Provenienza per tutti gli indici climatici testati; dai test *post hoc* risulta un'unica differenza non significativa, relativa al solo quoziente igro-termico di EMBERGER, fra le regioni R3 e R2B (inizialmente denominata R6) che sono geograficamente ben distinte. I risultati dell'analisi discriminante sono riportati in tabella 2. Le prime due funzioni discrimi-

**Tabella 2** - Risultati dell'analisi discriminante.  
*Results after the Discriminant Analysis was performed.*

Funzione	Autovalore	% di varianza	% cumulata	Correlazione canonica
1	1.273	57.1	57.1	.748
2	0.853	38.3	95.4	.678
3	0.103	4.6	100.0	.305

nanti spiegano circa il 95,4% della varianza; la prima funzione discriminante è correlata essenzialmente all'indice di AMANN ( $r = 0,815$ ), mentre la seconda funzione discriminante mostra la correlazione più elevata con l'indice di efficienza termica di THORNTHWAITHE ( $r = 0,877$ ). La classificazione realizzata sulla base delle funzioni discriminanti (tabella 3) fornisce risultati soddisfacenti per le regioni di provenienza R1 e R4 (rispettivamente, 75,3% e 85,7% dei *pixel* correttamente classificati) e discreti risultati anche per R1B (51%, con circa il 29% dei *pixel* classificati come R1A, regione relativamente affine sotto il profilo bio-climatico). La classificazione risulta invece inefficace per quanto concerne la regione R3 (Matese): sulla base degli indici climatici, i *pixel* di questa regione vengono attribuiti in maggioranza, nell'ordine, a R2B (31,6% dei casi) e R1B (25,6% dei casi); tuttavia, R3 risulta ben caratterizzata anche secondo criteri orografici, litologici e geomorfologici. Le difficoltà iniziali nella classificazione su base bio-climatica delle regioni definite *a priori* come (5) e (6) in tabella 3, invece, sono coerenti con quanto atteso, essendo le due regioni distinte essenzialmente su base geo-litologica. La quota relativamente alta di *pixel* della regione (5) (Irpinia) classificati in (6) (circa il 25%), può essere

spiegata sia con l'assenza di confini geografici evidenti (il confine fra le due regioni è, per ampi tratti, appoggiato a confini amministrativi o a limiti altimetrici), sia con la presenza in R1B del complesso dei Monti Lattari, che presenta valori dei principali parametri climatici non dissimili da quelli registrati in Irpinia. A causa delle brusche variazioni dei principali parametri bio-climatici dovute alla tormentata orografia della regione, è stato ritenuto opportuno, come suggerito dalla Direttiva, operare un'ulteriore suddivisione in fasce altimetriche all'interno delle RdP. È stato perciò proposto l'uso di categorie altimetriche coerenti con la distribuzione della vegetazione forestale a scala locale. Prendendo spunto dai limiti altimetrici delle fasce fito-climatiche secondo PAVARI (1916), individuati per la Campania da IOVINO e MENGUZZATO (1991), è stata proposta la seguente suddivisione in tre fasce altimetriche: A) fino a 850 m di altitudine; B) da 850 a 1200 m; C) al disopra dei 1200 m.

## Conclusioni

Le Regioni di Provenienza devono rispondere a elementari requisiti di praticità applicativa, pur mantenendo il rigore scientifico della delimitazione nel rispetto delle peculiarità bioecologiche del territorio. Nel delineare le Regioni di Provenienza ci si è preoccupati di non aggregare aree troppo estese, per evitare di includere al loro interno materiali ed ambienti non omogenei; al contempo Regioni di Provenienza troppo piccole avrebbero circoscritto popolazioni con scarsa variabilità genetica e creato difficoltà amministrative per la circolazione dei materiali di propagazione. Lo

**Tabella 3** - Risultati della classificazione effettuata sulla base delle funzioni discriminanti (% di *pixel* di ogni RdP correttamente classificati in ciascuna). Le Regioni di Provenienza relativamente più omogenee tra loro sono la 3 (R3), la 5 (R2A) e la 6 (R2B).  
*Results after the estimation of Correctly Classified Cases performed using the main discriminant functions (numbers are % of correctly classified pixel attributed within each theoretical Provenance Region). The PR the relatively most homogeneous are the 3<sup>rd</sup>(R3), the 5<sup>th</sup>(R2A) and the 6<sup>th</sup>(R2B).*

Regioni di provenienza		RdP Teoriche, % di casi correttamente classificati					
		1	2	3	4	5	6
Regioni proposte a priori (tra parentesi)	R1A (1)	75.3	17.0	0.0	2.9	3.6	1.3
	R1B (2)	28.7	51.0	0.0	1.8	13.2	5.4
	R3 (3)	19.8	25.6	11.2	1.7	10.0	31.6
	R4 (4)	8.7	0.9	0.0	85.7	4.6	0.1
	R2A (5)	11.3	24.9	3.2	8.3	22.2	30.1
	R2B (6)	4.4	14.3	5.6	18.2	22.1	35.4

schema di Regioni di Provenienza proposto riflette sostanzialmente l'andamento dei principali fattori ecologici a scala regionale, pur con l'approssimazione dettata da esigenze di ordine applicativo e dalla notevole eterogeneità del territorio campano. In un contesto territoriale in cui, di frequente, si alternano in pochi chilometri diverse fasce fito-climatiche, è necessario accettare una variabilità interna alle Regioni di Provenienza relativamente elevata, evitando un'eccessiva frammentazione nello schema di suddivisione che potrebbe rendere il sistema ingestibile sotto il profilo amministrativo. Una stessa Regione di Provenienza, quindi, può comprendere un *range* altitudinale anche molto ampio (si veda, ad esempio, la regione *R1B*), con brusche variazioni dei principali fattori climatici. In questo senso, è stato considerato quanto mai opportuno, come suggerito anche dalla Dir. 1999/105/CE, utilizzare una ulteriore suddivisione in sottoregioni che facesse riferimento a limiti altimetrici. D'altronde, la crescente eterogeneità ambientale che si riscontra procedendo dalle regioni dell'Italia settentrionale a quelle meridionali impone adattamenti metodologici da calibrare caso per caso sulla base dell'andamento locale dei principali fattori ecologici. In regioni come la Lombardia o il Piemonte, ad esempio, è stato possibile applicare schemi concettuali analoghi a quelli utilizzati in altri paesi europei (BELLETTI *et al.*, 2004; ARALDI *et al.*, 2002), delimitando le Regioni di Provenienza in relazione a grandi *sistemi di paesaggio* unitamente ad aspetti genetici per le principali specie; già in Toscana è stato necessario ricorrere ad un approccio fondato più sulla distribuzione delle specie che su una rigida classificazione in regioni ecologiche. La Campania pone ulteriori interrogativi rispetto all'applicazione del metodo partizionista, anche in relazione alla notevole ricchezza di ecotipi delle specie che proprio nel sud Italia ebbero i propri rifugi glaciali (PARDUCCI *et al.*, 1996). Disporre di informazioni a scala regionale e sovra-regionale su consistenza, distribuzione e caratteristiche genetiche delle popolazioni forestali è fondamentale per la definizione di Regioni di Provenienza in ambito mediterraneo (DUCCI *et al.*, 2007). Lo schema proposto per la Campania potrà perciò essere rivisto al termine della fase di ricerca e selezione di popolamenti candidabili come Boschi da Seme, fase attualmente in corso e che ha permesso di individuare, finora, 40 siti distribuiti in 28 comuni. Tali siti fanno parte di un elenco provvisorio che permetterà di ottenere, in mancanza di un inventario forestale, una panoramica

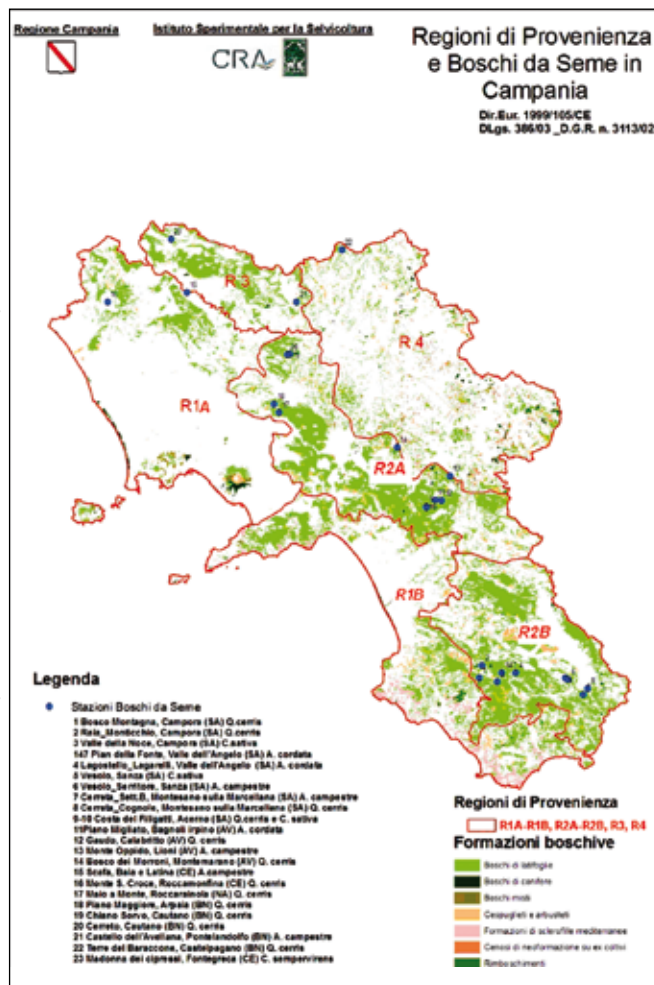


Figura 6 - Cartografia delle Regioni di Provenienza della Campania.  
 Map of Provenience Regions established for Campania.

delle risorse forestali della Campania. I popolamenti candidati (figura 6) saranno soggetti ad ulteriori approfondimenti, che comprenderanno, fra l'altro, l'analisi delle strutture genetiche delle popolazioni selezionate e delle distanze genetiche fra i popolamenti di ciascuna specie. La banca di dati genetici così realizzata permetterà di mettere a punto un approccio integrato alla definizione delle Regioni di Provenienza, con criterio *olistico*, che ponderi e compensi i limiti degli approcci partizionista ed associativo.

## Bibliografia

ARALDI F., CALVO E., FEDRIGOLI M., 2002 - *L'individuazione di regioni di provenienza per la gestione della biodiversità nel settore vivaistico: la farnia*. In CALVO E., FEDRIGOLI M., VAIANI L. (a cura di), *Caratterizzazione genetica di popolazioni forestali della Lombardia*. A.R.F., Quaderni di ricerca e sperimentazione, 63 pp.

- BELLETTI P., CAMORIANO L., CAMERANO P., MONTELEONE I., ROBERTO P., TERZUOLO P.G., 2004 - *I popolamenti forestali piemontesi per la raccolta del seme*. Regione Piemonte – Settore Politiche Forestali, 368 pp.
- CALVO E., 2003 - *Orientamenti per l'identificazione di regioni di provenienza per la raccolta di materiale cementiero*. In MEZZALIRA G., PIOTTO B. (a cura di), *Biodiversità e vivaistica forestale*. APAT, Manuali e Linee Guida 18: 31-37.
- CAMORIANO L., DUCCI F., 2004 - *La nuova legge sulla vivaistica forestale*. Sherwood 100: 41-45.
- DUCCI F., PIGNATTI G., 2003 - *La definizione delle regioni di provenienza – Criteri generali*. In DUCCI F. (a cura di), *Linee Guida per il reperimento e l'impiego dei materiali forestali di base*. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo: 77-87.
- DUCCI F., PIGNATTI G., 2004 - *Regioni di Provenienza per specie forestali*. Sherwood 104: 29-34.
- DUCCI F., PIGNATTI G., PROIETTI R., VANNUCCINI M., 2005 - *Contributo alla definizione di regioni provenienza per i materiali di base e di propagazione*. © Forest@ 2 (2): 198-206.
- DUCCI F., VANNUCCINI M., 2006 - *Definition of Provenance Regions for Castanea sativa Mill. and Fraxinus ornus L. in Tuscany*. 7<sup>th</sup> Meeting of the EUFORGEN Noble Hardwoods Network, Proceedings. A cura di M. Bozzano, M. Rusanen, P. Rotach and J. Koskela. IPGRI/EUFORGEN: 43 - 51.
- DUCCI F., BELLETTI P., MONTELEONE I., PROIETTI R., VANNUCCINI M., 2007 - *Gestione di popolazioni di farnia e rovere in Val Padana*. In: F. DUCCI (a cura di) “*Le Risorse Genetiche della Farnia della Val Padana*”, ed. CRA-Issel, Arezzo (ISBN 978-88-901923-2-6): 42 – 67.
- EUROPEAN SOIL BUREAU, 1999 - *Database georeferenziato dei suoli europei. Manuale delle procedure*, ver. 1.1. Versione italiana a cura di E. Costantini. European Soil Bureau (Ispra), Istituto Sperimentale per lo Studio e Difesa del Suolo (Firenze).
- IOVINO F., MENGUZZATO G., 1991. *Inquadramento fitoclimatico della Campania*. C.N.R. – I.E.I.F., Cosenza, Pubblicazione n. 6, 93 pp.
- PALMBERG-LERCHE C., 1999 - *Conservation and management of forest genetic resources*. Journal of Tropical Forestry Research 11: 286-302.
- PARDUCCI L., SZMIDT A. E., VILLANI F., WANG X. CHERUBINI M., 1996 - *Genetic variation of Abies alba in Italy*. Hereditas 125: 11 – 18.
- PAVARI A., 1916 - *Carta delle zone climatico forestali*. Firenze.



# Does the phenotypic selection affect the genetic structure and diversity? A study case on Walnut in eastern central Italy (the region of Marche)<sup>§</sup>

Fulvio Ducci<sup>1\*</sup>, Maria Emilia Malvolti<sup>2</sup>, Roberta Proietti<sup>1</sup>, Lorella Brandoni<sup>3</sup>

*Accepted 12 settembre 2008*

**Abstract** – The Persian walnut (*Juglans regia* L.) is widely planted in western Europe, either for fruit either for high quality timber production. This tree is generally considered non autochthonous, probably introduced from East some 7000 years ago and spread by several ancient civilisations. The possible artificial origin seems confirmed by the low intra-specific variation and the higher individual variability recorded by several Authors as well as by the lack of natural populations. Indeed, only wider fruit cultivation areas or small groups, lines or isolated walnut trees can be recorded in Italy. The occurrence of walnuts in forest, escaped from cultivation areas, is very rare. Due to the increased interest of planters, walnut plantations have been extended several ten thousands hectares throughout all western Europe. As a consequence of that it was evident the necessity of selected suitable basic populations in order to supply high quality reproductive materials. The conventional method based on the organisation of a wide and exhaustive seed procurement from the native range to establish provenance tests is at the present impossible. Thus it is necessary to study methods of selection which consider basic materials growing within the western European range. This study is aimed to test the efficiency of the multi-trait *Selection Index* method, in preserving levels of genetic diversity and structures compatible with the standards observed within a reference system of extended Italian populations. As a consequence of the relatively recent introduction, the genetic structure of the species shows individual variation higher than inter-population diversity. Those genetic structure characteristics were revealed also during a survey of walnut resources in the region of Marche, central Italy. The survey was the starting point for selecting and preserving basic materials for high quality woody production, possibly interesting for forest nurseries in the region. The genetic variation of Marche's population, compared to a reference system of 7 other Italian provenances, was used as a base to establish a possible improvement strategy together with basic guidelines to manage those genetic resources. Indeed, the very important individual component of the genetic variation suggested to select directly superior phenotypes in view of establishing a comparative multisite progeny test network. No substantial differences were detected concerning the genetic structure of the Italian population, neither within the Marche population, neither in the phenotypically selected material. Homozygosity was always high, probably due to genetic erosion, isolation and adaptation to extreme conditions. Given this general situation in the Marche area, a special care should be paid in the management of walnut reproductive materials, in order to maintain sufficient levels of variation in plantations.

**Key words:** *Juglans regia*, *selection index*, *genetic variability*, *isozymes*.

**Riassunto** – La selezione fenotipica influenza la struttura genetica e la diversità? Un caso di studio sul noce in Italia centrale (la regione Marche). Il noce comune (*Juglans regia* L.) è stato probabilmente introdotto in Europa occidentale da oriente circa 7000 anni fa. È una specie con diffusione sporadica, ampiamente coltivata e soggetta a sostanziali manipolazioni da parte dell'uomo, utilizzata soprattutto per la produzione di frutti. Dal punto di vista genetico presenta bassi livelli di variabilità intra-specifica e alti tra individui. Secondo alcuni autori questa caratteristica confermerebbe anche la sua origine non autoctona. L'interesse per il noce è aumentato negli ultimi 20 anni, grazie alla sua utilizzazione in piantagioni per la produzione di legno pregiato. Tuttavia solo di recente sono stati avviati programmi di selezione di materiale di propagazione idoneo nell'ambito del germoplasma ancora disponibile. Questo lavoro è nato da questa esigenza e si pone l'obiettivo di individuare un indice di selezione multi-carattere, capace di mantenere alti livelli di variabilità genetica nel materiale selezionato. L'indagine è stata effettuata nel territorio della regione Marche, dove, utilizzando questo *Indice di Selezione*, sono stati identificati 83 fenotipi adatti per la produzione di legno, poi suddivisi in tre gruppi: *Acquasanta* (AP), *Feltria* (PU) e *Sibillini* (MC). L'analisi genetica, di significato esplorativo, è stata eseguita con marcatori di tipo biochimico (isoenzimi). Le provenienze delle Marche sono state poi confrontate con 7 popolazioni italiane, utilizzate come sistema di riferimento. I risultati ottenuti evidenziano che la struttura genetica delle popolazioni selezionate nella regione Marche è simile a quella delle altre popolazioni italiane sia dal punto di vista della variabilità inter-popolazione che intra-popolazione. Notevolmente superiore è invece risultato il livello medio di omozigosi probabilmente legato alle ridotte dimensioni delle sub-popolazioni artificiali ed al loro isolamento geografico, trovandosi esse nella maggior parte dei casi in aree "relativamente chiuse" fino a pochi decenni fa. Inoltre, non è possibile individuare una strutturazione geografica netta tra popolazioni, probabilmente a causa della ormai millenaria pressione selettiva di origine antropica a carico della specie. Vista la ridotta variabilità del noce, un aspetto importante da considerare è la programmazione di interventi di conservazione sia *in situ* che *ex situ* delle risorse ancora disponibili.

**Parole chiave:** *Juglans regia*, *indice di selezione*, *variabilità genetica*, *isoenzimi*.

*F.D.C.: 176.1 Juglans regia : 165.6 : 165.3 : (450.57)*

<sup>§</sup> The work reported in this paper was funded by the EU – Brains Fair III CT96-1887 Programme and by the Region of Marche (Italy) in the framework of "Selection and genetic improvement of forest species for the regional forest nursery".

\* Correspondent author E-mail: [fulvio.ducci@entecra.it](mailto:fulvio.ducci@entecra.it)

<sup>1</sup> CRA - Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Viale S. Margherita, 80 – 52100 Arezzo (Italy) T. +39 0575 353021, Fax +39 0575 353490

<sup>2</sup> CNR – Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, Villa Paolina – Via G. Marconi, 2 - 05010 Porano (Tr - Italy) T. +39 0763 374911, Fax +39 0763 374980, E-mail [mimi@ibaf.cnr.it](mailto:mimi@ibaf.cnr.it)

<sup>3</sup> Regione Marche.

## Introduction

Most of the *Juglans regia* L. genetic resources in western Europe are not native (MALVOLTI *et al.* 1993, 1995b, 1997). Indeed, no natural populations are presently growing in this area and nowadays, walnuts are an attractive component of the rural landscape as single trees, small groups or lines. In the past, their resource value was found in fruit, oil and tannins, and wood was only seen as the final product at the end of the rotation. Anyway, studies carried out on pollen sediments in several parts of Europe suggested that probably small and rare populations managed to find suitable conditions for survival during the last Ice Age. The Balkans and southern Italy seem to have been two of the main refuge areas (HUNTLEY and BIRKS 1983) but, concerning Italy, the residual population probably disappeared or was quantitatively un-significant for the following expansion. LESLIE and MC GRANAHAN (1988) dated walnut in Italy at least before 5000 years B.C., but thought the species originated in central Asia, between the Caucase Mountains and the Himalayas.

The origin from a restricted genetic base, either natural either artificial, seems confirmed by the western Europe genetic resources which are characterised by low variation levels. The present variation is mainly affected by serious genetic erosion and inbreeding problems. Indeed, most of the present gene pool were originated from fruit varieties introduced by several ancient civilisations and/or probably from the few mother trees remaining after the Ice Age (MALVOLTI *et al.* 1996).

Well known and grown by the Greeks (ESOPUS 1978), Romans, Arabs etc. for nut production, most of walnuts were presumably spread by these civilisations throughout Europe.

During the last twenty years, the walnut has assumed prominence as a valuable source of high quality wood for industry and has become the most important tree used for intensive forest tree farming in central and southern Europe. It was estimated that 80 % of 105.000 ha planted in Italy between 1992 and 2000 were established with walnuts as the main species (COLLETTI 2001).

In recent years, a number of problems have been

noted with regard to seed supplies for nurseries. The seeds and seedlings for walnut propagation which are found in the nursery trade do not always come from selected stock: their provenance cannot be certified nor, in many cases, are their genetic and phenotypic characteristics known (DUCCI 1989, DUCCI *et al.* 1997). Selecting new resources with "forest" characteristics, which make them more suitable for timber products, is thus necessary in order to establish a wider and better adapted genetic base.

The best strategy for improving tree stocks would be a preliminary survey and seed supply of provenances within the Asiatic zones of origin (HEMERY 2000), in order to set up traditional field experiments. Due to organisational problems and short-term difficulties in raising a comprehensive sampling of Persian walnut from its present natural range, the selection of local resources in western Europe has become the most important challenge. In addition, the dramatic migration of rural populations to industrial areas, followed by a progressive reduction of the existing walnut stock, has made the preservation of genetic resources a matter of urgency. There is also a pressing requirement from forest nurseries for seed supply determined by forest tree farming programs. This should give focus to the study of existing varieties and to the selection of phenotypically suitable basic materials for wood production.

In general, most of the variation found in western Europe is related to individual effects (MALVOLTI *et al. op. cit.*). This aspect, together with the absence of true populations, convinced us to by-pass the traditionally-made provenance tests and to start individual phenotypic selection immediately (ZOBEL and TALBERT 1984). Indeed, it is impossible defining walnut populations as communities of individuals of this species evolved within their own environment<sup>4</sup>. The whole species in western Europe could be considered as a wide homogeneous artificial population. For this reason "provenances" or "groups" are reported instead of "populations".

This paper shows the methods used in order to: *i*) establish a genetic base for this endangered and greatly manipulated resource; *ii*) supply seeds for forest nurseries; *iii*) test a rapid and cheap method

<sup>4</sup> A population can be defined on several ways according to the subject, in 1992 Lynne Corne supplied the following: "a group of organisms coexisting at the same time and place and capable for the most part of interbreeding" and as a group of conspecific organisms that occupy a more or less well defined geographic region and exhibit reproductive continuity from generation to generation; it is generally presumed that ecological and reproductive interactions are more frequent among these individuals than between them and the members of other populations of the same species (FUTUYUMA 1979, COLINVAUX, 1986).

to estimate how great could be the impact of selecting basic materials on the genetic structure of walnut and *iv*) examine relationships with a reference set of other populations. Another aim is to see how problems relating to preserving and selecting these genetic resources can be addressed and how the forest nursery trade in the central Italian region of Marche can be improved.

## Material and Methods

### Walnut materials

An initial survey of the walnut resources that might be useful for forestry purposes was carried out as a preliminary. Materials were carefully selected tree by tree within the existing stock of walnut trees in the region of Marche. The main genetic parameters of the total selected Marche artificial “population” was compared to a reference system of 8 Italian walnut provenances sampled in northern, central and southern Italy (figure 1).

Only trees whose phenotypes were characterised by typical forest shapes were inventoried on a description sheet and their location was noted by GIS methods (DUCCI and VERACINI, 1992). Historical information was also collected near the owners in order to exclude

clones or fruit varieties or material introduced too recently from other areas.

In total, 83 walnut trees showing the requisite traits were surveyed, defined as “forest shape population”. These trees were already at least 35 years old, before younger trees were introduced by recent intensive forest tree farming or re-afforestation programmes. They were distributed into three provenances defined *a priori* by geographical criteria: *Acquasanta* (Ascoli Piceno), *Feltria* (Pesaro-Urbino) and *Sibillini Mountains* (Macerata). *Acquasanta* included 2 small sub-groups, *Arquata* and *Faete*, isolated and dense, as well as *Feltria* included 2 sub-groups *Camerino* and *Pesaro-Urbino*, relatively scattered on a wide area.

Trees within each of these provenances were distributed by isolated individuals, by small groups or by lines.

### Selection methods

On a second phase, a set of 39 superior phenotypes was selected within the total “forest shape population”. The main phenotypic traits scored were: stem form, branch architecture, dominance, fruit production, health and vigour (expressed by height and Dbh).

The adoption of single trait analysis for selecting phenotypically superior trees makes the work very hard. It has been used, therefore, a multitrait selection method, namely the *Selection Index* (SI) described by ZOBEL and TALBERT *op. cit.*. This method was also used successfully to evaluate phenotypes in wild cherry (DUCCI *et al.* 2005, 2006). Traits synthesised within the *Selection Index* (SI) were scored and weighted decreasingly according to their economic (stem form), cultivation value (branch architecture for pruning), adaptation/health state and growth parameters.

The distribution of trees among Dbh and SI classes was examined. The selection was carried out by the same team who had selected walnuts around Italy for CRA-ISSEL during previous surveys (DUCCI and VERACINI *op. cit.*, DUCCI *et al. op. cit.*). The selected groups will form the genetic base core used in order to proceed with improvement programmes in the region.

Concerning the genetic analysis, the pooled population of Marche was sub-divided into a “selected part”, namely *Population 1* and a “non-selected part”, *Population 2*. The genetic traits of both those sub-groups were compared with each other population included the reference system, in order to estimate how the original genetic structure of the basic material had been altered.



Figure 1 - Distribution of analyzed populations (Google Earth, 2007).  
Distribuzione delle popolazioni analizzate (Google Earth, 2007)

### Allozyme analysis

Genetic variability was studied by readable and reproducible enzyme *loci* via starch gel electrophoresis. Loci were resolved from 8 enzymatic systems: Diaphorase (DIA, E.C. 1.6.4.3), Shikimic Dehydrogenase (SKDH, E.C. 1.1.1.25), 6-Phospho-gluco-dehydrogenase (6-PGD, E.C. 1.1.1.43), Phosphoglucomutase (PGM, E.C. 2.7.5.1), Glutamate oxaloacetate transaminase (GOT, E.C. 2.6.1.1), Phosphoglucose isomerase (PGI, E.C. 5.3.1.9), Malate dehydrogenase (MDH, E.C. 1.1.1.37), Isocitric dehydrogenase (IDH, E.C. 1.1.1.42). Enzymes were extracted from winter buds tissues according to KIM (1979, 1980) and MALVOLTI *et al.* (1993, 1995a, 1995b)

Within the 3 Marche provenance materials it was possible to examine 16 *loci*, 11 of these being polymorphic (DIA-1, DIA-3, SKDH-1, SKDH-2, 6PGD-2, GOT-2, GOT-3, PGI-2, IDH-1, MDH-2 and PGM-1). In total 27 alleles were revealed. Starch gel electrophoresis was carried out according to ASHTON and BRADEN (1961), ALETÀ *et al.* (1993) and MALVOLTI *et al.* (1994). Zymograms were stained after CONKLE *et al.* (1982) and VALLEJOS (1983).

Only 8 common *loci* were used for making comparisons to the reference provenances: DIA-1, DIA-3, SKDH-1, SKDH-2, 6PGD-2, PGI-1, GOT-1 and PGM-1, by revealing 17 alleles.

The genetic analysis was carried out according to ARULSEKAR *et al.* (1985, 1986), ALETÀ *et al.* (*op. cit.*) and MALVOLTI *et al.* (*op. cit.*). *Loci* were labelled sequentially, with those migrating closest to the anodal end designated as "1". Within a single zone of activity the allozyme variants were labelled according to their mobility and the faster allele was labeled "a".

Allozymes are considered in general as neutral markers with respect to evolution, then it is not possible to establish a correlation with adaptive traits. They rely on a relatively low number of loci and their distribution through the genome is relatively irregular. Anyway, they are codominant and the allelic variation can be easily detected in order to collect preliminary information about the genetic structure of selected materials. These biochemical markers can be therefore adopted to supply an easy and cheap method of evaluation of the genetic variation to improvers and

breeders during the first steps of the phenotypic selection. On this way useful information for the management and conservation of improved genetic resources will be available.

### Data analysis

Most of the following genetic variation indices were computed using Biosys 1.7 statistical software (SWOFFORD and SELANDER 1989). Genetic diversity and population-level homozygosity were estimated by: mean number of alleles per *locus* ( $n$ ), % of polymorphic *loci* ( $P_{5\%}$ ; a *locus* was considered polymorphic when the percentage of the most common allele was less of 95%), expected heterozygosity  $H_e$ , observed heterozygosity  $H_o$ , genetic distance among populations (NEI 1978).

The Wright's inbreeding coefficient (Wright 1978) was estimated in order to measure deviations from the Hardy-Weinberg equilibrium<sup>5</sup>.  $F$  was calculated at each polymorphic locus and significant deviation from Hardy-Weinberg equilibrium was tested by the  $\chi^2$  test (NEI *op. cit.*). The average fixation indices were calculated for each population and tested for significant difference from zero. The  $\chi^2$  test of heterogeneity was carried out to test differences among population (GOUDET 2001).

The examined provenances were clustered by UPGMA method (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic averaging – SNEATH and SOKAL 1973), based on NEI (*op. cit.*) genetic distance, in order to explore possible relationships with geographic distance (FARRIS 1972).

Differentiation indices (NEI 1987, HARTL and CLARK 1989)  $H_T$ <sup>6</sup> (total gene diversity),  $H_S$  (diversity within populations component),  $D_{ST}$  (diversity among populations component) and  $G_{ST}$  (genetic differentiation) were also estimated. The genetic structure of the studied population was also analyzed in terms of  $F$  statistics (WEIR and COCKERHAM 1984):  $F_{IS}$  (genetic variability on total population),  $F_{ST}$  (genetic variation among populations component) and  $F_{IS}$  (genetic variation within population component). Both NEI's and WEIR and COCKERHAM's indices are fixation indices and estimate the possible excess or defect of homozygosity respect to a reference value.

<sup>5</sup>  $F = 0$ , shows equilibrium, while negative or positive  $F$  values indicate respectively excess of heterozygotes or homozygotes.

<sup>6</sup>  $H_T = H_S + D_{ST}$ ;  $G_{ST} = D_{ST}/H_T$ .  $G_{ST}$  ranges from 0 (all the genetic variation maintained within populations) to 1 (all genetic variation maintained among populations).

The exact test procedure was performed according to the bootstrapping analysis (RAYMOND and ROUSSET 1995) in order to assess the effect of missing data and sampling errors on the estimation of genetic distances and fixation indices (WEIR and COCKERHAM *op. cit.*, CAVALLI – SFORZA *et al* 1994.), using F-STAT software, 2.9.3 version (GOUDET *op. cit.*).

The principal component analysis (PCA) on the dispersion matrix, obtained via the Correspondence Analysis (EL-KASSABY 1991), was carried out on the total population of Marche with software NTSYS-pc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, RHOLF 1994). This procedure was used in order to determine *loci* the most related to the genetic diversity and to discriminate, *a posteriori*, possible genetically-homogeneous groups.

## Results

### Phenotypic selection

The phenotypic selection carried out per single traits is impossible when both timber and wood quality are required together with growth. It has been therefore necessary to adopt the method of SI, which allows the evaluation of the whole phenotype based on quantitative (i.e. growth) and qualitative traits of economical and technological meaning.

After the phenotypic selection was concluded the selected population was compared with the total one. Figures 2a and 2b show the initial structure of the population when only diameters were considered.

The distribution seems to be relatively normal, but it should be considered that the age of trees is unknown and probably it is not strictly correlated to diameters. Most of the selected population is concentrated between 25 and 50 cm.

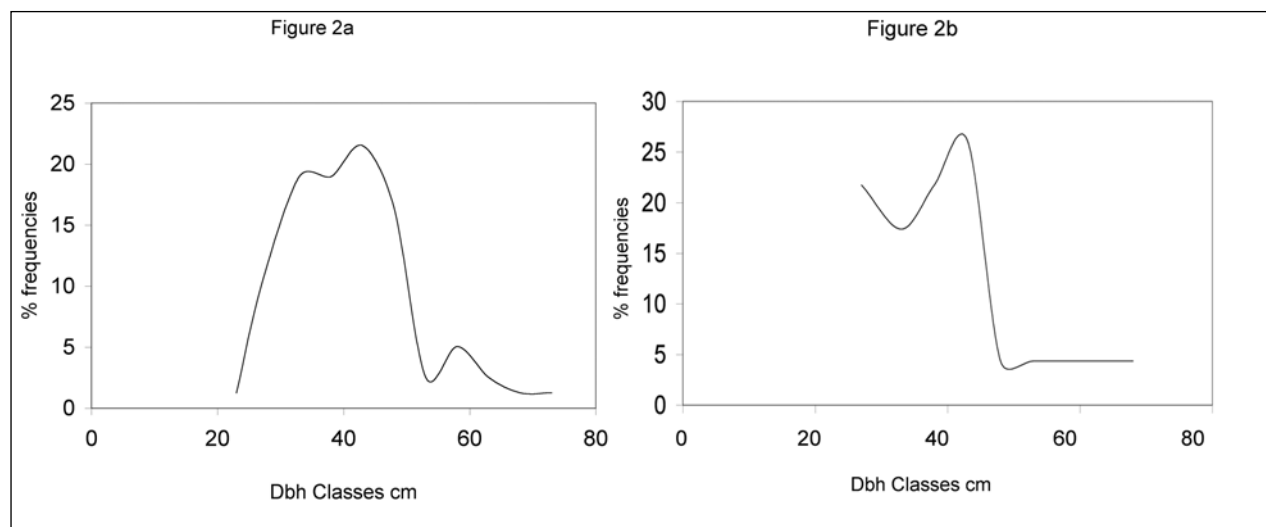
When trees among *Selection Index* classes were examined, a multi-modal distribution appeared (Figure 3a). This was probably due to the characteristic of plantations where walnut is cultivated and their own age, to the soil fertility and also to cultivation methods. The selected trees, were distributed on a wide range of diameter classes. Height and diameter were included in the SI with relatively lower weights. Figure 3b confirms the very low relationships between diameters and SI values. SI values of selected trees (Figure 3c) varied between 60 and 250 with a range of Dbh between 30 and 72 cm.

### Genetic markers

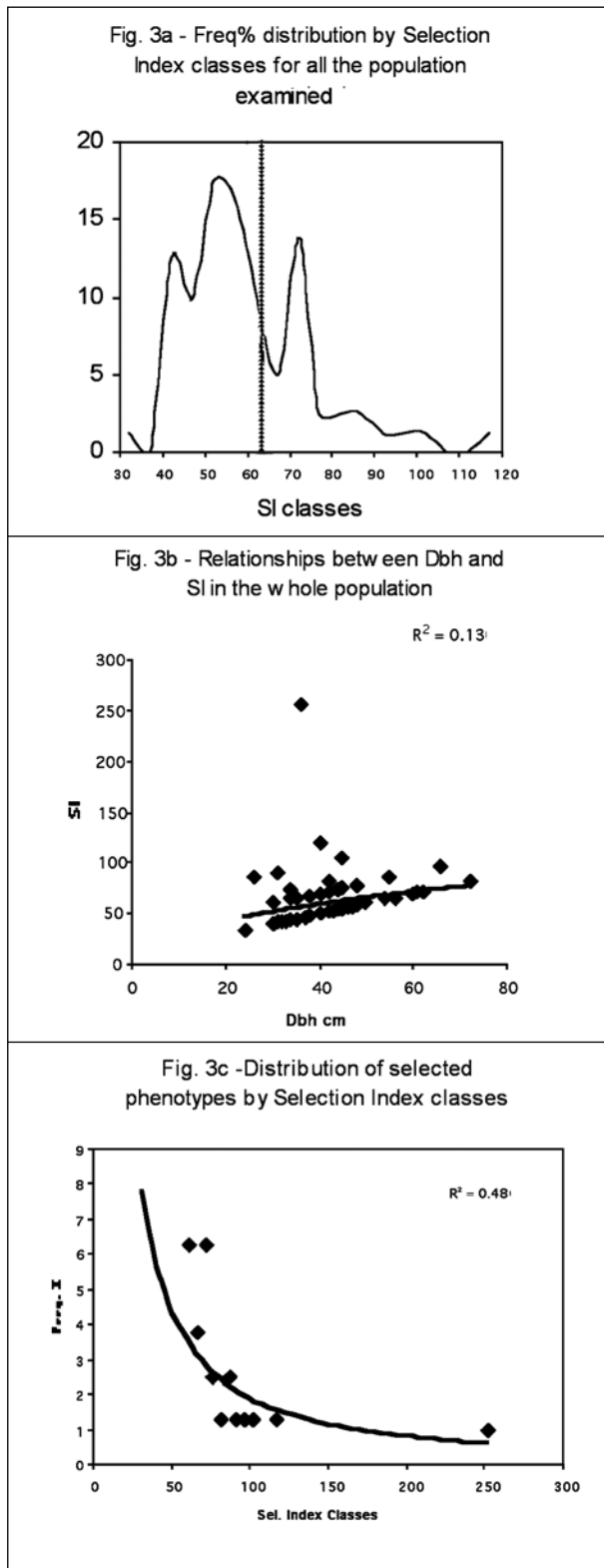
*The Marche region populations and the other Italian reference populations*

Of the 8 considered loci (SKDH-1, SKDH-2, DIA-1, DIA-3, PGM-1, 6PGD-2, GOT-1, PGI-1), 2 (GOT-1 and PGI-1) were monomorphic in all populations, while 6 were polymorphic. The allele frequencies and the main genetic parameters of the populations examined are reported respectively in tables 1 and 2.

The allele distribution was similar in the different populations and the mean number of allele *per locus* was 2 everywhere, except for the Sicilian population of *Bivona*. Indeed, the value was 1.9, probably because



**Figure 2-** % frequencies by Dbh classes in the whole walnut (2a) and in the selected walnut (2b).  
Frequenze per classi diametriche nella popolazione totale (2a) e in quella selezionata (2b)



**Figure 3 - Selection Index.** Indice di selezione. Figura 3a: frequenza per classi di Indice di Selezione (IS) per l'intera popolazione esaminata. Figura 3b: Relazioni tra Dbh e IS nell'intera popolazione. Figura 3c: Distribuzione dei fenotipi selezionati per classi di IS.

of the absence of allele *a* in *locus* PGM-1. This allele was also absent in *Tardiano*, characterised by the rare allele *d* in PGM-1.

*Loci* were polymorphic ( $P_{5\%}$ ) at 62.5% in *Durlo*, *Polverina* and *Bivona*, less than in the other populations (75%).

The expected heterozygosity values ( $H_e$ ) were higher for the Marche populations and varied between .375 (*Feltria*) and .359 (*Acquasanta*). The other populations showed values between .305 (*Polverina*) and .356 (*S. Arsenio*). On the other hand, the observed heterozygosity values ( $H_o$ ) were smaller in Marche compared to the reference system. The mean fixation index values ( $F$ ) were therefore relatively higher (table 2) in the Marche range.

The  $F$  values (WRIGHT *op. cit.*) were negative only for *Durlo* and *Tardiano* (excess of the heterozygotes), whilst all the other populations were characterised by low excess of homozygotes. Both those deviations from the Hardy-Weinberg equilibrium were no significant. Deviations were noted as significant for *Feltria* and *Sibillini* at SKDH-1 *locus*, for *Durlo*, *Friuli*, *Acquasanta* and *Sibillini* at SKDH-2 *locus*, for *S. Arsenio*, *Bivona* and *Anapo* at DIA-3 *locus*, for *Polverina* and *Acquasanta* at PGM-1 *locus* and at 6PGD-2 *locus* for *Sabina* and *Acquasanta* (table 3).

The mean values of the three  $F$  indices (WEIR and COCKERHAM *op. cit.*) were positive (table 4a); an excess of homozygotes was thus evident in both inter-populations ( $F_{ST}$ : .054) and intra-populations ( $F_{IS}$ : .092). SKDH-2 ( $F_{IT}$ : .281) and PGM-1 ( $F_{IT}$ : .205) gave the highest contribution to this result. Low level of differentiation (Table 5) were noted among populations ( $G_{ST}$  = .038). The most important amount of the total gene diversity ( $H_T$  = .353) was observed within populations ( $H_S$  = .340).

The genetic distance analysis showed the minimum distance (.001) between the two northern populations (*Durlo* and *Friuli*) and between the two southern populations (*Tardiano* and *S. Arsenio*), while the maximum distance was of *Acquasanta* with *Bivona* (.063) and *Tardiano* (.059). However, a geographical gradient variation of genetic distance does not exist. In fact *S. Arsenio*, a southern population, was closer to *Friuli* than *Sabina*, a population in central Italy. The same happened for the two Sicilian populations which the distance was greater compared with respect to other central-northern populations. Concerning the populations of Marche, *Sibillini* presented the

**Table 1** - Estimated allele frequencies to examined loci in Italian populations used as reference system, Marche populations and Marche in all. Frequenze alleliche stimate per i loci esaminati nelle popolazioni italiane impiegate come sistema di riferimento, in quelle delle Marche e nella popolazione Marche nel suo complesso.

Locus/ alleles	Population											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skdh <sup>1</sup>												
(N)	30	46	26	31	27	30	35	32	19	14	39	72
A	.367	.315	.288	.419	.370	.383	.357	.406	.474	.321	.436	.424
B	.633	.685	.712	.581	.630	.617	.643	.594	.526	.679	.564	.576
Skdh <sup>2</sup>												
(N)	30	20	27	31	26	30	36	32	19	14	39	72
A	.033	.075	.037	.177	.173	.200	.042	.063	.263	.357	.231	.264
B	.967	.925	.963	.823	.827	.800	.958	.938	.737	.643	.769	.736
Dia <sup>1</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	36	32	20	14	39	73
A	.400	.522	.611	.710	.500	.533	.472	.828	.475	.429	.500	.479
B	.600	.478	.389	.290	.500	.467	.528	.172	.525	.571	.500	.521
Dia <sup>3</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	35	31	20	14	39	73
A	.750	.739	.611	.823	.833	.683	.543	.597	.650	.536	.590	.596
B	.250	.261	.389	.177	.167	.317	.457	.403	.350	.464	.410	.404
Pgm <sup>1</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	36	32	19	14	39	72
A	.033	.152	.037	.113	.000	.033	.000	.063	.079	.107	.141	.118
B	.650	.554	.815	.419	.519	.567	.486	.688	.789	.607	.744	.729
C	.317	.293	.148	.468	.407	.400	.514	.250	.132	.286	.115	.153
D	.000	.000	.000	.000	.074	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
6Pgd <sup>2</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	34	32	5	13	38	56
A	.333	.348	.333	.419	.370	.333	.309	.297	.200	.154	.316	.268
B	.417	.457	.426	.339	.593	.567	.588	.500	.200	.692	.513	.527
C	.250	.196	.241	.242	.037	.100	.103	.203	.600	.154	.171	.205
Got <sup>1</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	36	32	20	14	39	73
A	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Pgi <sup>1</sup>												
(N)	30	46	27	31	27	30	36	32	20	14	39	73
A	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

1 - Durlò (VR)  
 2 - Friuli2 (UD)  
 3 - Polverina (MC)  
 4 - Sabina (RI)  
 5 - Tardiano (SA)  
 6 - S. Arsenio (SA)

7 - Bivona (AG)  
 8 - Anapo (SR)  
 9 - Acquasanta (AP)  
 10 - Feltria (PU)  
 11 - Sibillini (MC)  
 12 - Marche

minimum genetic distance (.015) with *S. Arsenio* and *Polverina*, and the maximum with *Sabina*. *Feltria* too presented the minimum distance value with *S. Arsenio*, while higher values were observed with *Sabina*, *Anapo* and *Acquasanta*. *Acquasanta* showed the minimum genetic distance with *Sibillini*, *Durlò* and *Polverina*, while the maximum values were with *Bivona* and *Tardiano*.

The cluster analysis showed that a well-defined geographical subdivision does not exist between groups. The cluster reported three main branches. The first was subdivided into three parts: one included the two northern provenances *Durlò* and *Friuli*, another two southern materials from *Tardiano* and

*S. Arsenio* and the the Sicilian one of *Bivona*. In the second branch there were two Marche groups, *Feltria* and *Sibillini*, while in the third there were *Polverina* (Marche) and *Anapo* (Sicily). Each of the two populations of central Italy, *Sabina* and *Acquasanta*, formed a single cluster (figure 4a).

#### The pooled population (83 trees) of the Marche Region

All trees selected as a basic population were pooled to form one single population named *Marche* and were then compared with the 8 Italian provenances.

In the cluster of figure 4b, *Marche* occupied a position similar to *Feltria* and *Sibillini* in the cluster of figure 4a. *Marche* presented the maximum value

**Table 2** - Genetic variation to analysed common loci in Italian populations (used as reference system), Marche and Marche in all. Standards errors in brackets.

Principali parametri genetici stimati per i loci comuni alle popolazioni italiane (sistema di riferimento) alle popolazioni delle Marche e alla popolazione Marche nel suo complesso. Tra parentesi l'errore standard.

Population	N/I	N	P <sub>5%</sub>	H <sub>o</sub>	H <sub>e</sub>	F
1. Durlo (VR)	30.0 (.0)	2.0 (.3)	62.5	.321 (.099)	.319 (.092)	-.006
2. Friuli 2 (UD)	42.8 (3.3)	2.0 (.3)	75.0	.313 (.087)	.338 (.091)	.074
3. Polverina (MC)	26.9 (.1)	2.0 (.3)	62.5	.280 (.082)	.305 (.089)	.082
4. Sabina (RI)	31.0 (.0)	2.0 (.3)	75.0	.306 (.074)	.346 (.088)	.116
5. Tardiano (SA)	26.9 (.1)	2.0 (.3)	75.0	.339 (.084)	.331 (.081)	-.024
6. S. Arsenio (SA)	30.0 (.0)	2.0 (.3)	75.0	.338 (.085)	.356 (.082)	.051
7. Bivona (AG)	35.5 (.3)	1.9 (.2)	62.5	.315 (.092)	.327 (.089)	.037
8. Anapo (SR)	31.9 (.1)	2.0 (.3)	75.0	.290 (.081)	.311 (.087)	.068
Mean value		1.99 (.01)	70.3	.313 (.007)	.329 (.006)	.050
9. Acquasanta (AP)	17.8 (1.8)	2.0 (.3)	75.0	.248 (.064)	.359 (.083)	.309
10. Feltria (PU)	13.9 (.1)	2.0 (.3)	75.0	.307 (.079)	.375 (.083)	.181
11. Sibillini (MC)	38.9 (.1)	2.0 (.3)	75.0	.261 (.071)	.361 (.083)	.277
12. Marche pooled	70.5 (2.1)	2.0 (.3)	75.0	.267 (.069)	.365 (.083)	.268

N/L: Mean sample size per locus

n: Mean number of alleles per locus

P<sub>5%</sub>: Percentage of polymorphic loci (a locus is considered polymorphic if the frequency of most common allele is lower to 95%)

H<sub>o</sub>: Mean observed heterozygosities

H<sub>e</sub>: Mean expected heterozygosities (based on Nei, 1978)

F: Mean fixation index per population  $F=1-(H_o/H_e)$

**Table 3** - Mean fixation index (F) and probability of deviation from Hardy-Weinberg equilibrium estimated using  $\chi^2$  test between observed and expected frequencies at polymorphic loci (\* $P \leq 0.05$ ; \*\* $P \leq 0.01$ ).

Indice medio di fissazione (F) e significatività della deviazione dall'equilibrio di Hardy-Weinberg stimata con il test del  $\chi^2$  fra le frequenze alleliche osservate ed attese ai loci polimorfici (\* $P \leq 0.05$ ; \*\* $P \leq 0.01$ ).

Locus	Population											
	Durlo	Friuli 2	Polverina	Sabina	Tardiano	San Arsenio	Bivona	Anapo	Acquasanta	Feltria	Sibillini	Marche
SKDH-1	.139	-.158	-.031	.073	.047	-.058	-.182	-.036	.367	.509 *	.479 **	.460 **
SKDH-2	1.000 **	.640 **	-.038	.005	.059	-.042	-.043	-.067	.457 *	.067	.567 **	.428 **
DIA-1	-.250	.042	-.013	.217	-.259	-.205	-.337	-.208	.298	.125	.231	.232 *
DIA-3	-.156	-.240	-.013	-.216	-.200	.461 **	.424 **	.397 *	-.099	-.292	-.166	-.166
PGM-1	.020	.180	.298 **	.238	.074	-.094	.055	-.017	.404 **	.336	.257	.323 **
6PGD-2	-.021	.175	.145	.108 *	-.016	.163	.141	.043	.286 *	.187	.307	.289 **

of genetic distance with Sabina and the minimum with *S. Arsenio* and *Polverina*. The latter was not included in the regional data set, but was considered as a standard reference population together with the other Italian sets.

As expected, *Marche* showed a high statistical value F (.268) (table 2) and, therefore, it strayed from the Hardy-Weinberg equilibrium owing to an excess of homozygosity, significant for loci SKDH-1, SKDH-2, DIA-1, PGM-1 and 6PGD-2 (table 3). The three mean F statistics also remained positive for *Marche*, but they were relatively smaller (table 4b). The  $F_{IT}$  value (.102) suggested that the lack of heterozygous individuals was common to all the Italian populations analysed, while the  $F_{IS}$  value (.062) indicated that nearly 94% of the diversity observed depended on the genetic diversity within populations. The  $F_{ST}$  value (.042) confirmed this data because it showed that 95.8% of the total variability observed was common to all populations ( $.008 < F_{ST} < .064$ ).

#### The selected population and the released part

To conclude the study, a genetic diversity analysis was made within the *Marche* sample, by selecting the best phenotypes (*Population 1*) as an improvement population for the next phases and by dividing them from the others (*Population 2*). For these two groups were analysed a number of loci (16) higher than in the previously described analysis. 5 of these loci were monomorphic (GOT-1, DIA-2, PGI-1, 6PGDH-1 and MDH-1), while 11 were polymorphic (GOT-2, GOT-3, IDH, SKDH-1, SKDH-2, PGI-2, DIA-1, DIA-3, PGM-1, 6PGD-2 and MDH-2).



**Table 4 - Mean F-statistic at all loci. 4a) mean F-statistic (for common loci) for Italian populations and for Marche populations subdivided in Acquasanta, Sibillini and Feltria; 4b) mean F-statistic for Italian populations and Marche population (for common loci); 4c) mean F-statistic for sample selected in Marche Region subdivided in Popolazione 1 (chosen phenotypes) and Popolazione 2 (excluded phenotypes). F-statistici medi calcolati per tutti i loci. 4a) F-statistici medi (stimati per i loci comuni) nelle popolazioni italiane e nelle popolazioni delle Marche suddivise in Acquasanta, Sibillini e Feltria; 4b) F-statistici medi (stimati per i loci comuni) nelle popolazioni italiane e nella popolazione Marche; 4c) F-statistici medi per i campioni selezionati nella Regione Marche suddivisi in Popolazione 1 (fenotipi scelti) e Popolazione 2 (fenotipi esclusi).**

Locus	4 a		
	F <sub>(IS)</sub>	F <sub>(IT)</sub>	F <sub>(ST)</sub>
Skdh-1	.108	.119	.012
Skdh-2	.215	.281	.084
Dia-1	-.029	.032	.059
Dia-3	.012	.057	.046
Pgm-1	.148	.205	.067
6Pgdh-2	.137	.193	.066
<b>Mean</b>	<b>.092</b>	<b>.141</b>	<b>.054</b>

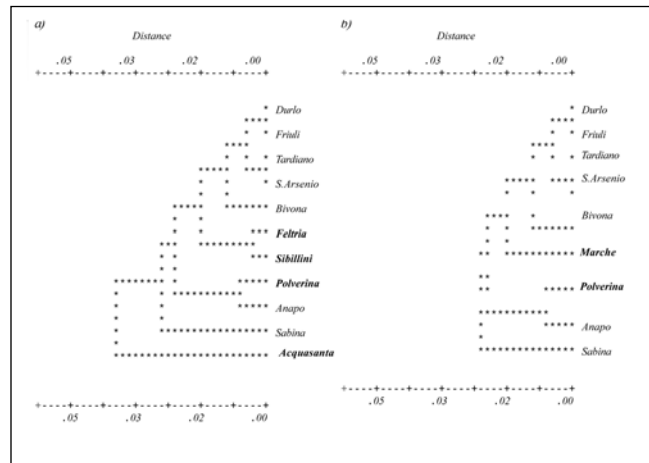
Locus	4 b		
	F <sub>(IS)</sub>	F <sub>(IT)</sub>	F <sub>(ST)</sub>
Skdh-1	.033	.041	.008
Skdh-2	.177	.229	.063
Dia-1	-.087	-.017	.064
Dia-3	.066	.109	.046
Pgm-1	.112	.167	.062
6Pgdh-2	.119	.138	.022
<b>Mean</b>	<b>.062</b>	<b>.102</b>	<b>.042</b>

Locus	4c		
	F <sub>(IS)</sub>	F <sub>(IT)</sub>	F <sub>(ST)</sub>
Got-2	.753	.764	.042
Got-3	.444	.449	.008
Idh	.320	.339	.028
Skdh-1	.461	.466	.009
Pgi-2	.501	.520	.040
Dia-1	.230	.232	.002
Dia-3	-.178	-.168	.008
Pgm-1	.330	.342	.018
6Pgdh2	.305	.359	.078
Mdh-2	.307	.321	.021
Skdh-2	.382	.388	.010
<b>Mean</b>	<b>.339</b>	<b>.357</b>	<b>.027</b>

**Table 5 - Genetic differentiation (assessed for common loci) in Italian and Marche populations. Differenziazione genetica (stimata per i loci comuni) nelle popolazioni italiane ed in quelle delle Marche.**

Locus	H <sub>s</sub>	H <sub>t</sub>	D <sub>ST</sub>	G <sub>ST</sub>
SKDH1	0.474	0.470	-0.004	-0.008
SKDH2	0.240	0.257	0.018	0.069
DIA-1	0.475	0.499	0.024	0.047
DIA-3	0.431	0.445	0.014	0.032
PGM1	0.493	0.521	0.028	0.053
6PGD-2	0.605	0.633	0.028	0.043
GOT-1	0.000	0.000	0.000	0.000
PGI-1	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Mean</b>	<b>0.340</b>	<b>0.353</b>	<b>0.013</b>	<b>0.038</b>



**Figure 4 - a) UPGMA dendrogram based on similarity matrix (Nei 1978). The Marche material was subdivided in 3 populations (Sibillini, Feltria and Acquasanta). b) UPGMA dendrogram based on similarity matrix (Nei 1978) for Italian populations, used as comparison, and Marche pooled population. a) Dendrogramma UPGMA stimato sulla matrice di similarità (Nei 1978). I campioni delle Marche sono stati suddivisi in 3 popolazioni: Sibillini, Feltria e Acquasanta. b) Dendrogramma UPGMA stimato sulla matrice di similarità (Nei 1978) per le popolazioni italiane (sistema di riferimento) e per la popolazione Marche nel suo complesso.**

Allele frequencies were reported in table 6.

For both groups, the mean number of allele *per locus* remained 2, while the polymorphic *loci* percentage dropped to 68.8%. The Wright's index F reached .377 for *Population 1* and .327 for *Population 2* (table 7). As shown in table 8, the excess of homozygous trees in *Population 1* was not significant only for DIA-1, DIA-3, PGM-1 *loci*, while in *Population 2* it was not significant for IDH, DIA-1, DIA-3, 6PGD-2, MDH-2.

The F<sub>IS</sub> (.339) and F<sub>ST</sub> (.027) values showed that, also in this case, genetic variability depended mainly on differences between single individuals and not between the two groups (table 4c). Most of the *loci* tended to be fixed because the F<sub>IT</sub> values (table 4c) varied between .764 (GOT-2) and .232 (DIA-1). On the contrary *locus* DIA-3 showed negative value (-.168).

The Common Principal Component Analysis showed the existence of a low degree of variability between the individuals selected in Marche. In fact 6 components were necessary to explain about 50% of the total variance (table 9) and the first 9 components were needed to raise it to 66%.

The alleles with higher discriminant value, in order of importance, were: 6PGD-2C, GOT-2A, GOT-2B, IDH-1B, GOT-2C, IDH-1A, 6PGD-2B AND SKDH-2C. The components

**Table 6** - *Estimated allele frequencies to examined loci in Marche in all, Marche populations, selected (Population 1) and not selected (Population 2) phenotypes.*

Frequenze alleliche stimate per tutti i *loci* nella popolazione *Marche* nel suo complesso, nelle tre popolazioni marchigiane, nella *Popolazione 1* (fenotipi selezionati) e nella *Popolazione 2* (fenotipi non selezionati).

<i>Locus</i>	Population					
	Marche	Acquasanta	Feltria	Sibillini	Population 1	Population 2
<b>GOT-1</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
<b>Monomorphic</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>GOT-2</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.130	.000	.214	.171	.081	.181
B	.774	.850	.571	.803	.784	.764
C	.096	.150	.214	.026	.135	.056
<b>GOT-3</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.137	.200	.143	.105	.162	.111
B	.863	.800	.857	.895	.838	.889
<b>IDH</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.123	.075	.286	.092	.135	.111
B	.767	.775	.607	.829	.716	.819
C	.110	.150	.107	.079	.149	.069
<b>SKDH-1</b>						
(N)	72	19	14	38	36	36
A	.424	.474	.321	.434	.444	.403
B	.576	.526	.679	.566	.556	.597
<b>SKDH-2</b>						
(N)	72	19	14	38	36	36
A	.264	.263	.357	.237	.306	.222
B	.736	.737	.643	.763	.694	.778
<b>PGI-1</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
<b>Monomorphic</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>PGI-2</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.219	.300	.429	.105	.284	.153
B	.644	.575	.429	.750	.622	.667
C	.137	.125	.143	.145	.095	.181
<b>DIA-1</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.479	.475	.429	.500	.486	.472
B	.521	.525	.571	.500	.514	.528
<b>DIA-2</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
<b>Monomorphic</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>DIA-3</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.596	.650	.536	.592	.649	.542
B	.404	.350	.464	.408	.351	.458
<b>PGM-1</b>						
(N)	72	19	14	38	36	36
A	.118	.079	.107	.145	.083	.153
B	.729	.789	.607	.750	.722	.736
C	.153	.132	.286	.105	.194	.111
<b>6PGD1</b>						
(N)	56	5	13	37	22	34
A	.268	.200	.154	.324	.273	.265
B	.527	.200	.692	.500	.477	.559
C	.205	.600	.154	.176	.250	.176
<b>6PGD2</b>						
(N)	56	5	13	37	22	34
<b>Monomorphic</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>MDH-1</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
<b>Monomorphic</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>MDH-2</b>						
(N)	73	20	14	38	37	36
A	.192	.275	.143	.158	.257	.125
B	.808	.725	.857	.842	.743	.875

**Table 7 -** Genetic variation to analysed loci in Marche in all, Marche populations and selected (Population 1) and not selected (Population 2) phenotypes. Standards errors in brackets. Variazione genetica per i loci analizzati nella popolazione Marche nel suo complesso, nelle popolazioni marchigiane, nella Popolazione 1 (fenotipi selezionati) e nella Popolazione 2 (fenotipi non selezionati). In parentesi l'errore standard.

Population	N/L	N	P <sub>5%</sub>	H <sub>o</sub>	H <sub>e</sub>	F
1. Acquasanta	17.9 ( 1.3)	1.9 ( .2)	68.8	.184 ( .043)	.302 ( .057)	.391
2. Feltria	13.9 ( .1)	2.0 ( .2)	68.8	.220 ( .050)	.332 ( .063)	.337
3. Sibillini	37.9 ( .1)	2.0 ( .2)	68.8	.183 ( .042)	.275 ( .054)	.335
Mean value		1.97 (.03)	68.8	.196 (.012)	.310 (.011)	.369
4. Marche pooled	70.7 ( 1.4)	2.0 ( .2)	68.8	.193 ( .043)	.297 ( .056)	.350
5. Population 1 ("Selected trees")	34.9 ( 1.3)	2.0 ( .2)	68.8	.195 ( .042)	.313 ( .058)	.377
6. Population 2 ("Non selected trees")	35.8 ( .2)	2.0 ( .2)	68.8	.189 ( .045)	.281 ( .055)	.327

N/L: Mean sample size per locus

n: Mean number of alleles per locus

P<sub>5%</sub>: Percentage of polymorphic loci (a locus is considered polymorphic if the frequency of most common allele is lower to 95%)

H<sub>o</sub>: Mean observed heterozygosities

H<sub>e</sub>: Mean expected heterozygosities (based on NeI, 1978)

F: Mean fixation index per population  $F=1-(H_o/H_e)$

**Table 8 -** Mean fixation index (F) and probability of deviation from Hardy-Weinberg equilibrium estimated using  $\chi^2$  test between observed and expected allele frequencies at polymorphic loci for Popolazione 1 (chosen phenotypes) and Popolazione 2 (excluded phenotypes). \*P ≤ 0.05; \*\*P ≤ 0.01). Indice medio di fissazione e significatività della deviazione dall'equilibrio di Hardy-Weinberg, stimato tramite il test del  $\chi^2$  sulle frequenze alleliche osservate e attese ai loci polimorfici, nella Popolazione 1 (fenotipi scelti) e nella Popolazione 2 (fenotipi non scelti). \*P ≤ 0.05; \*\*P ≤ 0.01)

Locus	Population 1	Population 2
SKDH-1	.437 **	.480 **
SKDH-2	.345 **	.518 **
DIA-1	.243	.220
DIA-3	-.186	-.175
PGM-1	.167	.474 **
6PGDH-2	.499 **	.198
GOT-2	.700 **	.781 **
GOT-3	.403 **	.437 **
IDH	.395 **	.197
PGI-2	.536 **	.500 **
MDH-2	.504 **	-.143

had correlation coefficients between .69 and .50. Got-2b, 6Pgd-2c and Got-2c had a negative correlation, while all the others were positive.

The cluster analysis carried out on all the Marche genotype set (*Tree procedure* in NTSYS, RHOLF *op. cit.*), presented 4 main clusters. Most of the phenotypes selected for the progeny test were grouped in the first two. The small sub-population of *Acquasanta*, *Faete*, was distributed throughout all 4 clusters, which showed that this population had some variability even though the number of trees was limited. Those of *Camerino* and *Feltria* were concentrated in the third and fourth clusters, while those of *Sibillini* and *Acquasanta* were found above all in the first and second.

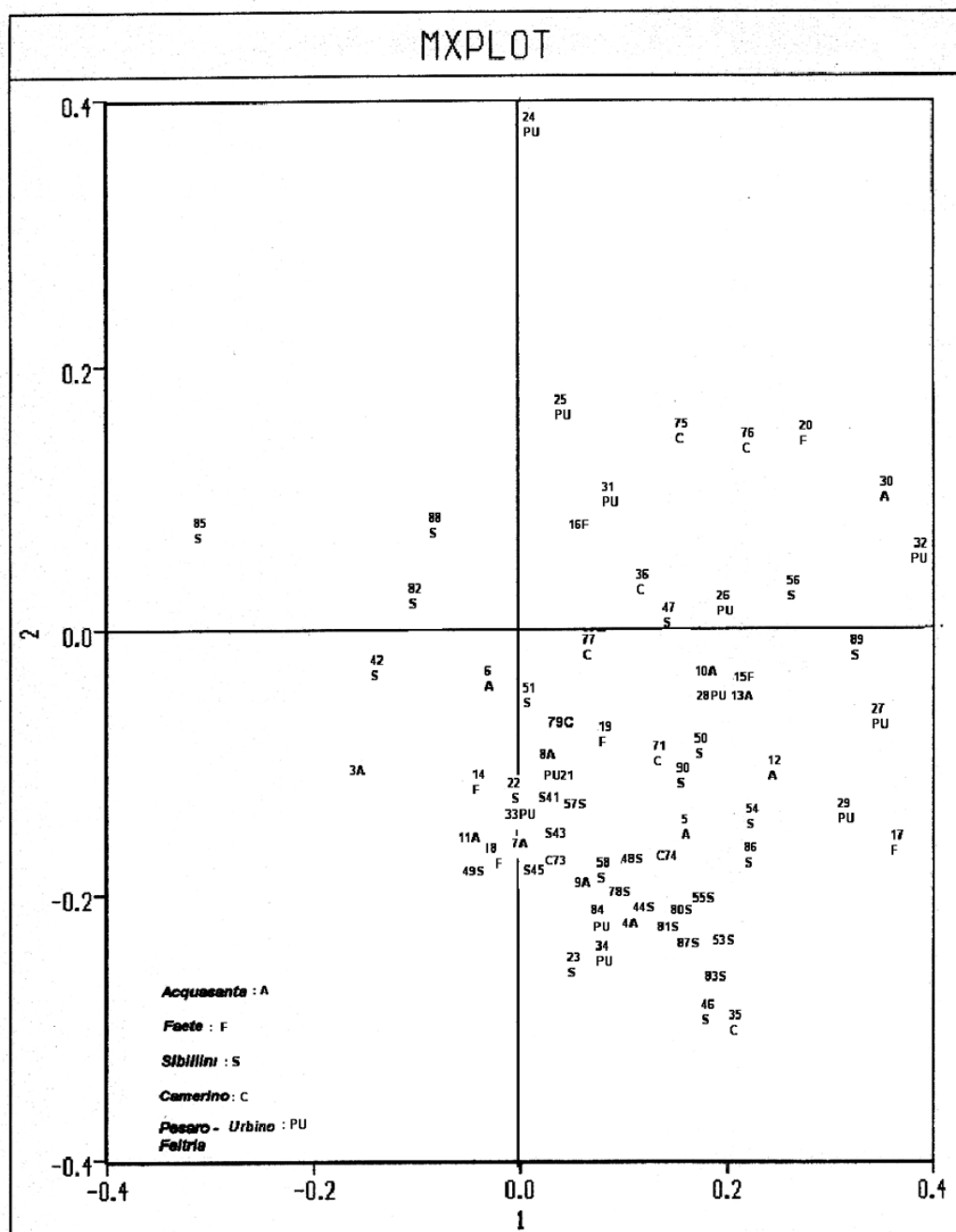
This distribution is confirmed in figure 5. It shows the dispersion of genotypes based on the matrix of genotype similarity, obtained using Common Principal Component Analysis. For the first two components, most of the selected trees tended to be grouped in the first and second quadrant. Those belonging to the population *Sibillini* were more homogeneous and therefore less dispersed and more concentrated in the fourth quadrant. The small sub-population of *Faete*, very nice from the phenotypic point of view, had a certain level of variability. The few trees were dispersed in at least three quadrants.

## Discussion and conclusions

As already reported in literature (MALVOLTI *et al. op. cit.*, FORNARI *et al.* 1999), the genetic variability of walnut in Italy is relatively reduced and its structure is quite complex to explain because this species is

**Table 9 -** Common component analysis (estimated on matrix of 27 allele of 11 polymorphic loci) for the sample selected in Marche. Analisi delle componenti principali (stimata sulle matrici di 27 alleli di 11 loci polimorfici) per i fenotipi selezionati nelle Marche.

Component	Autovalue %	Simple %	Cumulate	Allele	Correlation Coefficient
1	2.963	10.975	10.975	6pgd-2c	0.66
2	2.613	9.677	20.652	got-2a	-0.62
3	2.435	9.017	29.670	got-2b	-0.69
4	2.135	7.907	37.576	idh-1b	0.54
5	1.853	6.863	44.439	got-2c	0.53
6	1.638	6.047	50.486	idh-1a	0.53
7	1.619	5.996	56.482	6pgd-2b	0.53
8	1.346	4.984	61.466	got-2c	-0.51
9	1.237	4.581	66.047	skdh-2c	0.5



**Figure 5** - Analysis of Correspondences: distribution of enzyme genotypes of walnuts from Marche according to the first two functions (Rho1 1994).

Analisi delle corrispondenze: distribuzione dei genotipi enzimatici dei noci selezionati nelle Marche in base alle prime due funzioni (Rho1 1994).

hardly synanthropic.

The material studied in Marche showed a genetic structure relatively similar to the other populations, with lower genetic differentiation. This situation is probably accounted by the species' high degree of dispersal in this region, by the human influence on its distribution and reproduction, by its geographical isolation in some areas and by its origin from a few

mother trees, single or from fruit varieties.

In general, some parameters of the genetic variability, such as the mean number of alleles *per locus* and the percentage of polymorphic *loci*, were similar to the data obtained by MALVOLTI *et al.* (*op. cit.*, FORNARI *et al. op. cit.*), either for the selected trees, either within a single populations, or provenances were considered.

The mean number of alleles *per locus*, was lower than the mean number for other temperate-zone hardwood trees, but was similar to the European (2.4) mean value, supplied after FORNARI *et al.* (*op. cit.*) for this species. The greater uniformity within the selected group of trees was shown, by the ratio between the observed heterozygosity ( $H_o$ ) and the expected heterozygosity ( $H_e$ ). For all the groups examined, the first figure was smaller than the second. In general, the statistic index F for *Acquasanta*, *Sibillini*, *Feltria* and the pooled population of *Marche* was higher than the other reference populations. As a result, the deviation from the Hardy-Weinberg equilibrium showed excess of homozygotes.

A number of factors could be responsible for this result. *Acquasanta*, *Sibillini* and *Feltria* had a smaller number of fertile individuals compared to the other populations, and the population could be affected by inbreeding. It can be supposed that only some genotypes might have been reproduced, the most adapted to face Adriatic climate which is strongly influenced by the continental climate of Balkans.

Moreover, in order to collect the greatest number of specimen in the reference Italian populations, the sampling was carried regardless to their forest habit: "fruit crown form" trees and "forest form" trees were sampled. This could have improved the genetic variation.

What can be safely said is that, over the centuries, as a result of the hard pressure exerted by the human activity on this species, the original gene pool has been greatly eroded, thus leading to the fixation of particular characteristics and therefore also to the fixation at random of some of the *loci* studied.

Walnut is typically dispersed in the Marche territory by small, geographically-isolated populations or individual trees growing under climatic conditions not always suitable for cross pollination of this allogamic species. This situation reduces presumably pollen exchanges. Because those factor, the homozygosity percentage slowly rises while the degree of polymorphism becomes reduced. The 3 provenances from Marche meet these characteristics. Indeed, *Acquasanta* includes phenotypes of two "micro-populations", *Faete* (AP) and *Acquasanta* (AP), two isolated valley-floor areas. *Sibillini*, on the contrary, is greater, but the trees are mostly isolated and dispersed within a relatively wide area near the Sibillini Range. *Feltria*, with the smallest mean number of individuals (13.9),

showed a lower F index. This was probably due to its trees spread over an area without significant geographic barriers and where the milder environmental conditions might have favoured cross pollination and exchanges of reproductive materials between the rural communities.

A similar situation has also been observed for chestnut. Like walnut, this species did not originate in Europe but gradually became naturalised (VILLANI *et al.* 1991) and, as a consequence, has low genetic variability.

The genetic information of a few walnut genotypes survived probably the last Ice Age in some sheltered areas of the Italian peninsula (HUNTLEY and BIRKS *op. cit.*). However, the low values of the genetic distance between the Italian populations indicate that even initially only a relatively small gene pool existed. The central position of the Marche populations in the *cluster* could be explained in part by the exchanges of walnut propagation material between northern and southern human populations.

The higher genetic distance between *Sabina* and the provenances geographically nearer of Marche, could derive from the isolation determined by narrow valleys. Moreover these two areas are separated by the Apennine watershed with altitudes above 1500 m. Both those factors could have been prevented natural migration as well as propagation material flows. In addition, walnut trees were comparatively scarce and the only substantial possibility of migration lay in seed exchange between rural communities, which in these areas was very limited until the 20th century. These factors may explain the remarkable differences between the material found on the two sides of Apennines.

Although the genetic variability of walnut in Italy is low, examination of the allozyme variation using Correspondence Analysis and Common Principal Component Analysis showed a high individual component within the material from Marche. In order to reduce the erosion of the genetic resources still existent in this area, a programme of *in situ* and *ex situ* conservation is necessary.

Unpublished data about adaptive and phenotypic characteristics of walnuts showed the same structure of the genetic traits. Genetic improvement can be undertaken following individual phenotypic selection without considering preliminary provenance tests.

For this reason, a multi-site comparative progeny

trial was set up in Marche region, Tolentino (MC) and Amandola (AP), and Vitiano near Arezzo, Tuscany, in order to test individual basic material to be possibly used to establish seed orchards.

The basic material sampled was divided into two wide seed harvesting areas: one more northern, within the Pesaro-Urbino province, and one southern, including the Sibillini Range. These two areas are not very distant genetically, but are situated, respectively, in medium-sized hills and in higher hills or mountains. Moreover, the northernmost area is characterised by higher heterozygosity levels, making this area maybe the most suitable for seed collections and for its possibly greater plasticity.

These seed harvesting areas should be kept separated for future genetic resource management and for seed supplies. In additions, there are other two smaller areas: *Polverina* and *Arquata-Faete*. Both these populations are clearly distinct from the nearby and larger population of Sibillini. Of them, *Polverina* is the most suitable as basic material for breeding, while *Arquata-Faete* is more suitable for local use. *Arquata-Faete* includes two subpopulations with common origin and were left isolated because of the rugged orography. Their isolation made them well-adapted to the local environment, on the one hand, as shown by the high phenotypic quality of trees, but from the genetic point of view it also produced strong genetic erosion by the fixation of some alleles and the loss of others. For this reason we suggest that seeds should be collected from the largest possible number of trees in order to ensure the greatest possible genetic diversity.

Compared to other populations, *Faete* is composed of a small number of plants, but it has a very high level of individual diversity which reduces the risk of genetic poverty. This area, therefore, could be used as a small seed harvesting population.

In any case, no matter what the provenance or where the population, seed collection for regional nurseries should be picked from at least 10 trees in order to guarantee seed mixture. The trees should be different every year. Only in this way it will be possible to supply seeds from selected basic material but preserving a minimum variation. 10 trees is really lower than would be needed with usual methods, but the particular characteristics of walnut distribution have to be considered.

The basic material needed for nursery supplies could be given the following trade classifications:

- "*Identified at source*": subdivided into *seed source* (when there are at least 10 plants) or *population-collection areas* (when there are at least 30 plants);
- "*Selected*": referring to *population-collection areas* where a population is selected with higher-than-average phenotypic characteristics;
- "*Qualified*": referring to *parent* trees, where an individual phenotypic selection is being carried out, as in the case of *Population 1* and preliminary information about performances can be obtained from tests.

Preliminary genetic analysis, using cheap and rapid methods to assess variation, reduces the risk of starting experimental tests without information or estimates about the genetic structure of *Juglans regia* in the examined region. The higher individual component of variation detected can be used by foresters to avoid preliminary provenance tests and to pass directly to phenotypic selection and to establish progeny tests.

On the one hand, this reduces the period for making improvement. On the other hand, however, this approach can be dangerous when only a few trees/genotypes are used for seed collection: it can contribute dramatically to the genetic erosion of the species in that area. For this reason seeds should be supplied from a minimum number of selected trees or from whole populations even if they are small. This is the case, in example, of the small *Faete* population, where phenotypes are very good in general and the within variation is also higher than other.

The higher level of homozygosity detected in general can be a real sign of erosion and of adaptation to the local micro-conditions. The use of this kind of material should be limited to districts showing similar conditions to the site of origin, since the environment pushed the material to be specialised.

These aspects might be considered too prudent or too complicated for planning field works but, to ensure that all *a priori* choices are well made, the high revenue which walnuts can earn also needs to be taken into account.

Results issued after the phenology selection showed the low impact of improvement on genetic patterns of the basic population. If this seems to be true for neutral markers, independent from environment traits, it should be considered the effect on the genetic component of adaptive traits, as phenology

or stress tolerance/resistance factors of phenotypes. That will be the deal of future researches (VENDRAMIN and MORGANTE 2005).

## Acknowledgements

A special thank is due to the State Forest Service (CFS) operating in the region Marche which made possible the accurate exploration and the inventory of walnut resources and assisted us in the field surveys.

Another special thank is due to the two anonymous referees who reviewed this paper for their suggestions and useful comments.

## References

- ALETÀ N., ROVIRA M., NINOT A., ARÙS P., 1993 - *Inheritance of four isozymes in walnut*. Acta Horticulturae 311: 62–67.
- ASHTON G. C., BRADEN W. H., 1961 - *Serum globulin polymorphism in mice*. J. Biol. Sci. 14: 248–253.
- ARULSEKAR S., PARFITT D. E., MCGRANAHAN G., 1985 - *Isozyme gene markers in Juglans species. Inheritance of GPI and AAT in Juglans regia L. and Juglans hindsii*. J. of Heredity 76: 103–106.
- ARULSEKAR S., PARFITT D. E., MCGRANAHAN G., 1986 - *Inheritance of phosphoglucomutase and esterase isozymes in Persian walnut*. J. of Heredity 77: 220–221.
- CAVALLI – SPORZA L. L., MENOZZI P., PIAZZA A., 1994 - *Storia e geografia dei geni umani*. Adelphi edizioni: 791 p.
- COLINVAUX P., 1986 - *Ecology*. New York. John Wiley & Sons.: 134 p.
- COLLETTI L., 2001. *Risultati dell'applicazione del regolamento CEE 2080/92 in Italia*. Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi, 70: 23–31.
- CONKLE M. T., HODGKISS P. D., NUNNALLY L. B., HUNTER S. C., 1982 - *Starch gel electrophoresis of Conifer seeds: a laboratory manual*. Pacif. SW Forest and Range Experiment Station, Berkley USDA – FS Gen. Techn. Rep. PSW 64: 18 p.
- DUCCI F., 1989 - *Noce e ciliegio da legno: esame della produzione vivaistica nell'Appennino centro settentrionale*. Ann. Ist. Sperim. Selvic., Arezzo XVIII (1987): 177–213.
- DUCCI F., DE ROGATIS A., PROIETTI R., 1997 - *Protezione delle risorse genetiche di Juglans regia L.*. Ann. Ist. Sperim. Selvic., Arezzo XXV and XXVI (1994-1995): 35–55.
- DUCCI F., PROIETTI R., CALVO E., CORREALE F., 2005. *2.5 La valutazione di cloni e provenienze*. In: Monografia sul ciliegio selvatico (*Prunus avium L.*), a cura di F. Ducci, CRA - Ist. Sper. Selv., Arezzo (ISBN 88-901923-0-5): 45 – 52.
- DUCCI F., VERACINI A., 1992 - *Criteri di scelta e sistema di valutazione di fenotipi superiori nel miglioramento genetico di latifoglie a legname pregiato*. Ann. Ist. Sperim. Selvic., Arezzo XXI (1990): 57–80.
- DUCCI F., GERMANI A., JANIN G., PROIETTI R., SIGNORINI G. – 2006 – *Clone selection for wild cherry (Prunus avium L.) with special reference to some traits used*. Bozzano M., Rusanen M., Rotach P., Koskela J. (compilers). Euforgen – Noble Hardwoods Network, Report of VI (9-11 June 2002, Alter do Chao, Portugal) and VII Meeting (22-24 April 2004, Arezzo, Italy). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy: 53-60.
- EL KASSABY Y. A., 1991 - *Genetic variation within and among conifer population: review and evaluation of methods*. In: Biochemical markers in the population genetics of forest trees, Fineschi S., Malvoti M. E., Cannata F., Hattmer H. H. Ed., SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands: 61–65.
- ESOPUS, 1978 - *Favole*. Ed., Rizzoli, Bibl. Universale Rizzoli, Milano: 179 p.
- FARRIS J. S., 1972 - *Estimating phylogenetic trees from distance matrices*. Am. Nat., 106: 645-688.
- FORNARI B., CANNATA F., SPADA M., MALVOLTI M. E., 1999 - *Allozyme analysis of genetic diversity and differentiation in European and Asiatic walnut (Juglans regia L.) populations*. Forest Genetics 6 (2): 115-127.
- FUTUYMA D. J., 1979. *Evolutionary Biology*. Sunderland, Mass. Sinauer Associates, Inc.: 156 p.
- GOUDET J., 2001 - *FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3)*
- HARTL D.L., CLARK A.G., 1989 - *Principles of population genetics*. Sinauer, Sunderland, MA.
- HEMERY G. E., 2000 - *Juglans regia L.: genetic variation and provenance performance*. Dep. of Plant Science, Univ. of Oxford: 176 p. (Unpublished D Phil. Thesis).
- HUNTLEY B., BIRKS H. J. B., 1983 - *An Atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-3000 years ago*. Cambridge University Press. N. Y.: 238 – 242.
- KIM Z.S., 1979 - *Inheritance of leucine aminopeptidase and acid phosphatase in beech (Fagus sylvatica L.)*. Silvae genetica 28: 68–71.
- KIM Z.S., 1980 - *Veränderung der genetischen struktur von buchenpopulationen durch viabilitätsselektion in keimlingstadium*. Göttingen Res. Notes in For. Genetics, 3 (Phd thesis).
- LESLIE C. A., MCGRANAHAN G., 1988 - *Native populations of Juglans regia L.. A draft*. In: Proceedings of the International Conference on Walnut, Yalova, Turkey, September, 19 – 23, 111–124.
- LYNNE CORN M., 1992. *The Listing of a of Species: Legal Definition and Biological Realities*, 92-944 ENR, CRS Report for the Congress. National Library for the Environment, USA, (<http://www.cnre.org/NLE/CRSreports/biodiversity/biodv-10.cfm#1>).
- MALVOLTI M. E., PACIUCCI M., FINESCHI S., CANNATA F., 1993 - *Genetic variation in Italian populations of Juglans regia L.*. Acta Horticulturae 311: 86–94.
- MALVOLTI M. E., FINESCHI S., PIGLIUCCI M., 1994 - *Morphological Integration and Genetic Variability in Juglans regia L.*. Journal of Heredity 85: 389–394.

- MALVOLTI M. E., FINESCHI S., MORGANTE M., VENDRAMIN G., 1995a - *Mating system of a naturalized Juglans regia L. population in Italy*. Population genetics and genetic conservation of forest trees. Baradat Ph., Adams W. T. & Müller-Starch G. Ed., SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands, 305–308.
- MALVOLTI M. E., SPADA M., BERITOGNOLO I., CANNATA F., 1995b - *Differentiation of Juglans regia L. european stands and italian cultivars*. In: Proc. Workshop of E. U. Air/Walnut Project: European development of walnut trees for wood and fruit production as an alternative and extensive system to agricultural crops. Groups C and D. Thessaloniki, Greece, March 27-30, 1995: 34–51.
- MALVOLTI M. E., BERITOGNOLO I., SPADA M., 1996 - *Diversità genetica in Juglans regia L.: valutazione delle risorse genetiche in Europa per uno sviluppo agricolo e forestale sostenibile*. Sherwood – Foreste e Alberi Oggi 15: 11–17.
- MALVOLTI M. E., BERITOGNOLO I., SPADA M., CANNATA F., 1997 - *Ricerche sulle risorse genetiche e sulla biologia riproduttiva di Juglans regia L. in Italia mediante marcatori molecolari*. Ann. Ist. Sperim. Selv. Arezzo XXV – XXVI (1994-1995): 9–34.
- NEI M., 1978 - *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. Genetics 89: 583–590.
- NEI M., 1987 - *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, NY, USA
- RAYMOND M., ROUSSET F., 1995 - *An exact test for population differentiation*. Evolution 49: 1280–1283.
- RHOLF F. J., 1994 - NTSYS-pc. *Numerical taxonomy and Multivariate Analysis System, vers. 1.80*. Exeter Software–Applied Biostatistic Inc., N. Y.
- SNEATH P.H.A., SOKAL R. R., 1973 - *Numerical Taxonomy*. Freeman, S. Francisco (USA): 573 p.
- SWOFFORD D.L., SELANDER R.B., 1989 - *Biosys-1*. Illinois Natural History Survey: 43 p.
- VALLEJOS C. E., 1983 - *Enzyme activity staining*. S. D. Tanksley and T. J. Orton Ed., Isozymes in Plant Genetics and Breeding, part A. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam: 469–516.
- VENDRAMIN G. G., MORGANTE M., 2005 - *Genetic diversity in forest tree populations and conservation: analysis of neutral and adaptive variation*. Proc. Workshop on: “The role of biotechnology”, Villa Gualino, Turin, Italy. 5-7 March, 2005: 129-130.
- VILLANI F., BENEDETTELLI S., PACIUCCI M., CHERUBINI M., PIGLIUCCI M., 1991 - *Genetic variation and differentiation between natural populations of chestnut*. Biochemical markers in the population genetics of forest trees. Edited by Fineschi S., Malvolti M.E., Cannata F., Hattemer H. H., SPB Acad. Publishing, bv, the Hague, the Netherlands: 91–103.
- WEIR B. S., COCKERHAM C. C., 1984 - *Estimating F-statistic for the analysis of population structure*. Evolution 38: 1358–1370.
- WRIGHT, S. 1978 *Evolution and genetics of populations*. Vol. 4. Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago.
- ZOBEL B., TALBERT, J., 1984 - *Applied Forest Tree Improvement*. J. Wiley and Sons Ed., N.Y.: xv + 505 p.





Finito di stampare  
nel mese di maggio 2009  
presso Grafiche Badiali snc - Arezzo  
impaginazione: Netcom srl - Arezzo

# ANNALI C.R.A. - SEL

ANNI 2007-2008 VOLUME 35

ISSN 0390-0010

## INDICE

- M.C. MANETTI, O.I. GUGLIOTTA - Modifiche compositive e strutturali in soprasuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia).  
*Tree species composition and structural dynamics in forest stands under natural evolution in the Montedimezzo M.a.B. reserve.* ..... 3
- C. BECAGLI, E. AMORINI, A. FOIS, M.C. MANETTI - Indici strutturali e di competizione per la caratterizzazione di popolamenti cedui di castagno.  
*Structural and competition indexes to characterise chestnut coppice stands.* ..... 15
- O. LA MARCA, S. AVOLIO, M. TOMAIUOLO - Prove di avviamento ad altofusto in un ceduo di cerro (*Quercus cerris* L.) del Gargano: primi risultati  
*Conversion trials in turkey oak (Quercus cerris L.) coppices of Gargano (Puglia, Italy): first results.* ..... 25
- P. CANTIANI, M. PIOVOSI - La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione.  
*Management of black pine stands in the Apennines. Thinning for renaturalisation* ..... 35
- V. BERNARDINI, E. CLERICI - Rimboschimenti della Presila di Cosenza: tre conifere a confronto.  
*Reforestation of Presila di Cosenza: three conifers compared.* ..... 43
- S. AVOLIO, V. BERNARDINI - Risultati di prove di diradamento in rimboschimenti di pino laricio.  
*Results of thinning trials for artificial stands of calabrian pine* ..... 51
- P. CANTIANI, F. FERRETTI, G. PIGNATTI, G. ANDREATTA, G. NOBILI - Le pinete demaniali costiere di Ravenna e Ferrara: analisi dei tipi forestali e strutturali per la scelta del trattamento selvicolturale nel processo di pianificazione  
*The state-owned pine forests on the coast of Ravenna and Ferrara: analysis of forest and structure types for choice of silvicultural system in the planning process.* ..... 61
- S. AVOLIO - Rinnovazione agamica e produttività degli eucalitteti di *E. occidentalis* e di *E. x trabutii* della fascia ionica crotonese nei primi quattro cicli colturali.  
*Agamic regeneration and wood productivity in the E. occidentalis and E. x trabutii plantation of the ionian area of Crotona at the first four cultivation cycles.* ..... 69
- V. GIULIETTI, F. FERRETTI, F. PELLERI - Prove di diradamento in acero-frassineti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo (VI). Risultati dopo il secondo intervento.  
*Thinning trials in secondary growth ash-maple stands carried out in the Agno-Chiampo district (VI): results after second thinning.* ..... 87
- F. PELLERI, S. RAVAGNI, E. BURESTI - Confronto tra metodi di diradamento in un impianto puro di farnia (*Quercus robur* L.)  
*Comparison between different thinning systems in a pure common oak plantation.* ..... 101
- A. CUTINI, T. GIANNINI - Diversità funzionale in cloni di ciliegio da legno (*Prunus avium* L.) di provenienza Appennino toscano  
*Functionality in wild cherry (Prunus avium L.) clones of Tuscany Apennines proveniences.* ..... 115
- A. DE ROGATIS, S. GUERRI, A. SANTINI, L. GHELARDINI - Messa a punto di un metodo per l'individuazione di  $\beta$ -1,3- glucanasi e chitinasi attraverso *Native PAGE* su estratti di piante di *Prunus avium* L. inoculate con *Phytophthora* spp.  
*Technique to detect on  $\beta$ -1,3- glucanase and chitinase detection, by native PAGE, in Prunus avium (L.) clones inoculated with Phytophthora spp.* ..... 123
- F. DUCCI, M. VANNUCCINI, G. CARONE, S. VEDELE, S. CILLI, S. APUZZO - Delimitazione di Regioni di Provenienza per la gestione di Materiali Forestali di Base in Campania  
*Delimitation of Provenance Regions for the management of Forest Reproductive Materials in Campania.* ..... 133
- F. DUCCI, M. E. MALVOLTI, R. PROIETTI, L. BRANDONI - Does the phenotypic selection affect the genetic structure and diversity? A study case on Walnut in eastern central Italy (the region of Marche)  
*La selezione fenotipica influenza la struttura genetica e la diversità? Un caso di studio sul noce in Italia centrale (la regione Marche).* ..... 143